

288
ديسمبر
2002

البحث عن حياة على المريخ

الصخرة المريخية ولغز الحياة

تأليف: دونالد جولدسميث
ترجمة: د. إيهاب عبدالرحيم محمد

إصدارات جديدة











المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب



سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978 بإشراف أحمد مشاري العدواني 1923-1990



البحث عن حياة على المريخ

الصخرة المريخية ولغز الحياة

تأليف: دونالد جولدسميث

ترجمة: د. إيهاب عبدالرحيم محمد





سلسلة شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

سعر النسخة

الكويت ودول الخليج	دينار كويتي
الدول العربية	ما يعادل دولارا أمريكيا
خارج الوطن العربي	أربعة دولارات أمريكية

الاشتراكات

دولة الكويت

للأفراد	15 د.ك
للمؤسسات	25 د.ك

دول الخليج

للأفراد	17 د.ك
للمؤسسات	30 د.ك

الدول العربية

للأفراد	25 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	50 دولارا أمريكيا

خارج الوطن العربي

للأفراد	50 دولارا أمريكيا
للمؤسسات	100 دولار أمريكي

تسدد الاشتراكات مقدما بحوالة مصرفية باسم المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب وترسل على العنوان التالي:

السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص.ب: 28613 ـ الصفاة ـ الرمز البريدي13147
دولة الكويت
تليفون: ٢٤٣١٧٠٤ (٩٦٥)
فاكس: ٢٤٣١٢٢٩ (٩٦٥)
الموقع على الإنترنت:
www.kuwaitculture.org.kw

ISBN 99906 - 0 - 096 - 1

رقم الإيداع (٢٠٠٢/٠٠٢٤٣)

العنوان الأصلي للكتاب

The Hunt for Life on Mars

by

Donald Goldsmith

Penguin, USA, 1997.

طبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

مطابع السياسة ـ الكويت

رمضان ١٤٢٣ ـ ديسمبر ٢٠٠٢

المحتوى

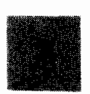


تمهيد

العاصمة الأمريكية واشنطن، يوليو ١٩٩٦:
في فندق من فنادق النخبة لا يبعد سوى عدة مربعات سكنية عن البيت الأبيض، وصل كبير مستشاري الرئيس للشؤون السياسية إلى موعده الأسبوعي ومعه «حرس» كبار المسؤولين. وفي سعيه لتضخيم هالة الإثارة التي يضفيها عليه وجوده في السلطة، غير مدرك في نشوته أن خليلته قد رتبت لبيعه لإحدى مجلات الفضائح الأسبوعية، يهمس بأسرار مستقاة من الدوائر الحكومية المطلعة إلى أذنها الشبيهة بالمحارة. وبنفس متهدِّج يقول لها: «هناك فقط سبعة أشخاص في العالم على علم بهذا، لقد اكتشفت وكالة «ناسا» حياة على المريخ!».

ومع أن هذا الحوار قد يكون خياليا، إلا أنه يبدو أن المعلومات المذكورة قد حدثت بالفعل. ولا يرقى الكثير من الاكتشافات المحددة إلى مستوى الاهتمام الذي تحظى به الأخبار المتعلقة بوجود حياة محتملة على المريخ. يقول ريتشارد زار Zare، وهو أحد الأعضاء الرئيسيين للفريق الذي وجد علامات دالة على حياة قديمة في الصخرة المريخية: «إنه لمما يتخطى أقصى حدود

> «هناك فقط سبعة أشخاص في العالم يعرفون هذا. لقد اكتشفت «ناسا» حياة على المريخ!».
>
> **المؤلف**



أحلامي أن تكون أبحاثي جزءا من حديث حميمي لفضيحة متعلقة بالبيت الأبيض». وعلى الرغم من أنه أحد أهم العلماء في الولايات المتحدة، كان زار مقتنعا تماما بأن يواصل أبحاثه من دون شهرة، مادام عامة الجمهور هم المعنيين. أدى الإعلان المفاجئ وغير المتوقع تماما عن وجود حياة محتملة على المريخ، إلى تغيير حياة زار، على الأقل لعدة شهور. وقد أثرت الأخبار أيضا في مواقف العديد من العلماء، فضلا عن الكثير من الجمهور الأوسع من موقع البشرية في الكون.

باعتباري عالما تحوّل إلى مبسِّط للعلوم العامة، يتمثل هدفي في المساعدة على إحداث هذه التغيرات، وأن أصطحب قارئ هذا الكتاب في رحلة إلى «قاعة محكمة علمية»، حيث سيقوم العلماء بعرض البيانات التي تشير إلى وجود حياة على المريخ، وسيناقشون الاستنتاجات الناتجة عن هذه الأدلة. وسيساعدنا المخبرون العلميون على الحكم على مصداقية الشهادة المتضمنة داخل الصخرة المريخية - والأكثر من ذلك، مساعدتنا على تقييم تداعيات بداية هذا الدليل. ومثلها مثل التحقيق في قضية قتل معقدة، تتضمن هذه القضية مجموعة كبيرة من حقول البحث العلمي: بداية علم الفلك astronomy، علم الأحياء (البيولوجيا biology)، الكيمياء، وعلم طبقات الأرض (الجيولوجيا geology)، بالإضافة إلى الفروع الأكثر غرابة، الوليدة للتو، مثل «الإكسوبيولوجيا exobiology» (الحياة في أماكن غير الأرض)، و«دراسات أصل الحياة» origin - of - life studies، وهي حقل علمي لا يزال في بداياته النسبية، حيث لم يتمكن من التوصل إلى نتائج معملية تطابق ما حدث على كوكبنا قبل أربعة مليارات من السنين. وستتراوح الشهادة العلمية بين موضوعات لا يوجد خلاف جوهري عليها، مثل العمر الكبير للصخرة التي سقطت من المريخ، إلى موضوعات خلافية تماما، مثل تفسير «البيضيات» ovoids المجهرية الموجودة داخل هذا الحجر النيزكي.

ومثلما يفعل المخبرون في مسرح الجريمة، يتوجب على العلماء المعنيين بالبحث عن الحياة على المريخ أن يبحثوا عن أدلة، بينما هم ليسوا واثقين حتى من الشكل الذي يمكن أن تكون عليه هذه الأدلة، ولذلك فعليهم أن يبقوا متيقظين على الدوام للمقابل المريخي Martian analogue لسلاح

مستخدم في جريمة قتل، أو قفاز مخضب بالدماء قد يكون سقط من المجرم في عجلته. ومثل الآثار traces التي يقوم العلماء الجنائيون بجمعها وتحليلها، فإن الأدلة على وجود حياة قديمة على المريخ ستقنع أشخاصا مختلفين لدرجات متفاوتة. وكما يترك المجتمع الحكم الجنائي النهائي ليس للخبراء، بل لمجموعة من المحلفين jury الممثلين للمواطنين (كما نأمل)، فكل منا عليه أن يحدد، إذا كنا مهتمين بذلك، الدرجةَ التي تبدو بها قضية الحياة القديمة على المريخ مقنعة.





1

يوم تغير العالم

«إن الادعاءات غير العادية تتطلب أدلة غير عادية»

كارل ساجان

في السابع من أغسطس ١٩٩٦، وقف الرئيس الأمريكي بيل كلينتون خارج البيت الأبيض في العاصمة واشنطن، ليعلن أن حجرا نيزكيا[١] عُثر عليه في القارة القطبية الجنوبية، أنتاركتيكا Antarctica، يحتوي على أدلة تشير إلى وجود حياة قديمة على كوكب المريخ Mars. إن هذا الحجر النيزكي قد أتى من المريخ بالفعل؛ فالنسب العالية من العناصر الموجودة في داخله تتطابق مع القيم الموجودة على كوكب المريخ. وما يثير الدهشة أكثر هو أن تقنيات تحديد العمر (التأريخ) المبنية على تحلل (اضمحلال)[٢] العناصر المشعة، قد حددت عمرها بنحو ٤٫٥ بلايين سنة، مما يجعل ذلك الحجر النيزكي المريخي أقدم من أي صخرة أخرى وجدت على الأرض أو على القمر. والأكثر غرابة من ذلك هو حقيقة أن هذا الزائر القادم من المريخ، الذي يبلغ وزنه أربعة باوندات[٣]، يضم أنواعا عديدة من الأدلة التي تلمح إلى أن أنواعا حية بالغة الصغر، ماتت منذ زمن بعيد، قد سكنت يوما شقوق crevices هذه الصخرة.

صرح الرئيس، الذي لخُص له الموضوع على نحو جيد، قائلا: «شأنه شأن جميع الاكتشافات، فإن مراجعة، وتدقيق، وتمحيص هذا الاكتشاف ستستمر، ويجب أن تستمر..وأنا على ثقة بأن برنامج الفضاء الأمريكي سيوظِّف كامل قدراته العقلية ومهاراته التقنية للبحث عن المزيد من الأدلة على وجود حياة على كوكب المريخ». أما دانيال جولدن، وهو مدير الإدارة الوطنية لأبحاث الطيران والفضاء (ناسا)[٤]، فقد كان يحمل للصحافة تعليقات أكثر تحديدا حين قال: «أريد أن يفهم الجميع أننا لا نتحدث عن «رجال صغار خضر البشرة»، بل عن بنى structures بالغة الصغر ووحيدة الخلايا، والتي تشبه نوعا ما البكتريا الموجودة على الأرض. ليس هناك دليل أو اقتراح بأن هناك أي أشكال أعلى من الحياة قد وجدت أصلا على المريخ».

لخص إعلان الرئيس ما صرح به العلماء المشاركون في هذا الكشف من فورهم في مؤتمر صحافي في مقر وكالة «ناسا» - وهو مؤتمر جرى الإعداد له على عجالة، بعد أن كانت الأنباء عن وجود حياة على المريخ قد تسربت بشكل ما إلى الصحافة الشعبية. وتقتضي التقاليد العلمية عدم إعلان أي اكتشاف جديد حتى تُنشر النتائج في مجلة علمية محكّمة. وحتى التاريخ الرسمي لنشر القصة المريخية، والذي كان في هذه الحالة السادس عشر من أغسطس، فقد تعين على الباحثين الذين كتبوا المقال، والعلماء الذين راجعوه، وطاقم المجلة التي سينشر فيها، أن يلوذوا جميعا بالصمت. ويهدف هذا النوع من الحظر المؤقت على الأخبار إلى منع المضاربة حول نتائج لم تعرض على نحو متكامل بعد، ولضمان أن ينسب الفضل اللائق لأصحابه الذين ساهموا في تقدم المعرفة العلمية. وبالنسبة للحجر النيزكي المريخي، كما هي الحال بالنسبة إلى الكثير من الاكتشافات الأخرى، كانت المجلة المعنية هي مجلة «ساينس» (العلم) Science، التي تصدر عن الجمعية الأمريكية للتقدم العلمي[٥]، وهي أوسع المجلات العلمية انتشارا وأكثرها احتراما في الولايات المتحدة، وهي مجلة عادة ما ينجح حظرها على نشر الأخبار. ولكن في أوائل شهر أغسطس، حدث خطأ ما في البروتوكول: فقد بدأت أخبار اكتشاف حياة قديمة على المريخ في الانتشار على نطاق واسع، وانطلقت إشاعة مفادها أن النص الكامل للمقال المنشور على صفحات مجلة «ساينس» قد ظهر على شبكة الإنترنت. أما من سرّب أخبار القصة المريخية؟ ولماذا فعل

ذلك؟ فقد اختفى في غياهب التاريخ الحديث. وعلى أي حال، فباعتبار أن هذه الإشاعات لا يمكن تكذيبها، فقد شعرت وكالة «ناسا» بأن عليها تدارك الموقف وإتاحة الفرصة، لوسائل الإعلام الإخبارية للوصول إلى العلماء الذين كانوا على وشك نشر اكتشافاتهم.

وعليه، ففي السابع من أغسطس ١٩٩٦، وبموجب تصريح خاص من مجلة «ساينس»، فإن خمسة رجال وامرأة واحدة، يصاحبهم دانيال جولدن ونائب مدير وكالة «ناسا» لعلوم الفضاء، ويزلي هنتريس الابن، التقوا الصحافيين لسرد قصة الصخرة المريخية ومضامينها. كان اثنان من أولئك العلماء - ديفيد مكاي وإيفيريت جيبسون - جيولوجيين يعملان في مركز جونسون للفضاء التابع لوكالة «ناسا» في مدينة هيوستون؛ ومعهما كاثي توماس - كيبرتا - خبيرة في استعمال المجاهر الإلكترونية، وتعمل بدورها في مركز جونسون للفضاء، ولكن كموظفة تعاقدية من شركة لوكهيد مارتن؛ وكان الرابع، حجة الله فالي، جيولوجيا في جامعة مكجيل في تورونتو (كندا)؛ والخامس - ريتشارد زار - عالم بالكيمياء التحليلية بجامعة ستانفورد؛ أما السادس - وهو ج. وليم شوف من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس UCLA- فقد كان خبيرا بأقدم الأدلة على الحياة الأرضية.

لم يكن شوف من أعضاء الفريق الذي اضطلع بتحليل الصخرة المريخية، لكن وكالة «ناسا» ارتأت أنه من الحكمة دعوته لشرح مفهوم الشك المنظم (٦) organized skepticism الذي يسمح بتقدم العلم من خلال إخضاع جميع المزاعم، وخصوصا تلك المتطرفة منها، للتمحيص المتشكك.

وقبل انتهاء المؤتمر، استشهد شوف مرتين بجملة نسبها إلى كارل ساجان: «إن الادعاءات غير العادية تتطلب أدلة غير عادية» (٧).

كل عالم وصحافي في قاعة اجتماعات وكالة ناسا تذكر تلك الضجة الإعلامية الوجيزة التي حدثت قبل عدة سنوات، بخصوص الاندماج (النووي) البارد cold fusion، الذي وصف بأنه «أعظم اكتشاف منذ اكتشاف النار»، عندما تسربت النتائج الأولية لإحدى التجارب قبل الأوان إلى وسائل الإعلام العامة. ففي شهر مارس ١٩٨٩، ادعى كيميائيان - هما ستانلي بونس Pons ومارتن فليشمان Fleischmann - أنهما شاهدا نتائج اندماج نووي في درجة حرارة الغرفة العادية، وليس في درجات الحرارة التي تبلغ عدة ملايين درجة

مئوية، والتي يحدث عندها الاندماج النووي داخل الشمس وغيرها من النجوم، وكذلك في القنابل الهيدروجينية أيضا. وعلى مدى أسابيع قليلة بدا أن الاندماج النووي البارد جاء استجابة لدعوات عالم يفتقر إلى الطاقة، كما بدا المتشككون في حقيقة الظاهرة كما لو كانوا مخترعين مستقبليين محبطين. ولم يمض وقت طويل حتى قامت جامعة يوتاه، التي كان بونس يترأس قسم الكيمياء فيها- بتكليف استشاري متمرس في الأعمال من ذوي النفوذ اسمه إيرا ماجازينر Magaziner، لمساعدتها في تأمين تمويل من الحكومة الاتحادية لأبحاث الاندماج النووي في مختبراتها. قام ماجازينر، الذي ترأس حملة رفيعة المستوى تابعة للبيت الأبيض حول الإصلاح الصحي health reform، بتذكير الكونجرس بصورة لا تخلو من السوداوية «الساعة الآن منتصف الليل في اليابان. هناك الآلاف من العلماء اليابانيين يحاولون... تطوير تطبيقات تجارية...لهذا العلم الجديد».

لقد تبين فيما بعد أن هذا العلم الجديد يخلو من العلم تماما. فرصد الظروف التجريبية الأولية كان على نحو سيئ، حيث لم تجر مراجعة الزملاء (التحكيم) (٨) قبل النشر. ومع اندفاع الباحثين الآخرين لتكرار النتائج التي ادعى بونس وفليشمان أنهما توصلا إليها، سرعان ما أعلنت مجموعة منهم تلو الأخرى توصلها إلى نتائج سلبية للتجربة. وعلى الرغم من وجود عدد قليل من العلماء الجادين اليوم، الذين ما زالوا يجرون أبحاثهم على الاندماج النووي البارد، فإن الإجماع العلمي الساحق يؤكد بطلان هذه الفرضية، كما يؤكد أن النتائج الأولية المدهشة من جامعة يوتاه Utah قد نتجت عن أخطاء في الإعداد للتجربة وفي تسجيل بياناتها. وقد خلص المجتمع العلمي إلى أن الواقعة برمتها تلقي الضوء على خطر الاندفاع في الإعلان مبكرا عن ظاهرة لم تثبت صحتها بعد.

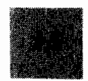
وبعد ذلك بسبع سنوات، وبالتحديد في السابع من أغسطس ١٩٩٦، لم يغفل أحد احتمال أن أخبار وجود حياة محتملة قديمة على سطح المريخ، قد تكرر حادثة الاندماج النووي البارد. ولم يكتف فريق البحث بتذكر قصة الاندماج النووي البارد، بل إنهم كانوا على علم تام بأنه قبل ثلاثة عقود، أعلن العلماء اكتشافهم بنى structures أخرى تشير إلى وجود حياة، بما فيها حبوب اللقاح التي اكتشفت داخل حجر نيزكي عُثر عليه قرب مدينة أورجيل

الفرنسية، مما يعني ضمنا أنه قد توجد حياة بالفعل في الفضاء بين الكواكب. ومع انتشار هذه الأنباء المذهلة في جميع أنحاء العالم، قام إدوارد أندرز Anders من جامعة شيكاغو، بالإضافة إلى عدد آخر من العلماء المتشككين، بإجراء المزيد من الأبحاث المتعمقة على حجر أورجيل النيزكي، وأظهروا أن تلك البنى الدالة على وجود حياة، ما هي إلا ملوثات contaminants، أي أنماط من الحياة الموجودة على الأرض، والتي دلفت إلى داخل الحجر النيزكي بطريقة ما.

ولكونهم على علم تام بقصة حجر أورجيل النيزكي، وضع العلماء القائمون على دراسة الحجر المريخي في اعتبارهم تماما احتمال تلوثه خلال سنوات رقاده الطويل داخل جليد القطب الجنوبي، أو خلال الفترة التي جرى فيها استخراجه، وتخزينه، ومن ثم تحليله. وعلى الرغم من عدم تمكنهم من استبعاد هذا النوع من التلوث تماما، فقد بذلوا كل جهودهم لتجنب تلوث عيناتهم، وأجروا تجارب مقارنة لإظهار أن العينات الشاهدة (٩) للصخور، عند إخضاعها للعمليات نفسها، لا تكشف عما يظهره الحجر النيزكي المريخي. إن استخدام هذه «الأنماط الضابطة» (١٠) يمثل جزءا أساسيا من أي تجربة علمية. وفي هذه الحالة، أتاحت التجربة الضابطة للحجر النيزكي اجتياز «اختبار الاندماج النووي البارد»، عن طريق إظهار أنه مهما وجد الباحثون في الصخرة المريخية، فقد أتى ذلك بالفعل من المريخ. وما يتبقى بعد ذلك هو السؤال عن التفسير، أي تحديد «معنى» الأدلة التي يحملها الحجر المريخي بين جنباته.

ولذلك، فقد استهل المؤتمر الصحافي جدالا معقدا ومتعدد الأوجه، ومفعما بالمضامين المتعلقة بأصل الحياة على الأرض وفي جميع أنحاء الكون. واستمر الجدال على مدى شهور منذ الاكتشاف، وسيستمر لسنوات عديدة مقبلة، جميع العلماء المشاركين في ذلك الجدال يتفقون على أن الصخرة المريخية تحمل أدلة من أحقاب غابرة على سطح جارنا الكوكبي. ولكنهم يختلفون تماما حول مضامين هذا الدليل، وهي حقيقة ستحمل لنا الكثير من التشويق في جميع فصول هذا الكتاب.

وبغض النظر عن نتيجة هذا الجدل الدائر، فإن البيان الذي أعلن في ذلك اليوم من شهر أغسطس قد غيَر الطريقة التي ينتهجها كل من المجتمع العلمي والجمهور لمحاولة الإجابة عن الأسئلة الكبرى التي أثارها البحث عن حياة



خارج الأرض تماما Extraterrestrial life؛ من أين أتينا؟ ما مدى كونية قصة الحياة على الأرض؟ هل نحن وحدنا؟ أم هل يعج الكون بالحياة، سواء كانت حياة مشابهة لحياتنا أومختلفة عنها؟ وما الذي يتعين علينا فعله للإجابة عن هذه الأسئلة؟

إن حقيقة احتمال امتلاكنا بالفعل، في مختبراتنا، عينات من الحياة القديمة المحتملة على المريخ قد غيرت طرقنا الراسخة في التفكير حول هذه القضايا، بغض النظر عن اكتشافنا في النهاية لوجود حياة سابقة على المريخ من عدمه، أو حتى إن كانت تلك الحياة موجودة حاليا هناك. يقول توبياس أوين Owen، وهو خبير بعلم الكواكب من جامعة هاواي: «يعد هذا أول دليل نجده على أن كوكبا مثل الأرض لديه كيمياء محرِّضة للحياة life-inducing chemistry. إن حقيقة أن هذا الدليل موجود في أول صخرة تكتشف من تلك الحقبة التي كانت فيها على المريخ ظروف مواتية للحياة، يعني ضمنا أن ثمة نشاطا قبل ـ أحيائي prebiological، إن لم تكن الحياة ذاتها، كان موجودا في المريخ قبل زمن طويل، وبالتالي فمن المحتمل أن ذلك النشاط كان موجودا أيضا في الكواكب الشبيهة بكل من المريخ والأرض في جميع أنحاء الكون. فقبل أغسطس ١٩٩٦، كان بعضنا الذين قاموا بدراسة إمكان وجود حياة خارج الأرض، في ميدان قريب من الدين: كنا نعتقد أنها لابد من أن تكون موجودة، لكن لم يكن لدينا دليل حقيقي. أما الآن، فلدينا الدليل».

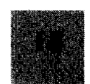
وبالإضافة إلى ذلك، فذلك الحجر النيزكي المريخي، والذي يزيد عمره بأكثر من ثلاثة أضعاف على عمر أي حجر مريخي عثرنا عليه من قبل ـ ولذلك، فهو يعد المثال الوحيد لصخرة مريخية من أزمنة سحيقة بالفعل ـ له أهمية مستقلة تماما عن مضامينه المتعلقة بوجود الحياة خارج الأرض. يقول أوين: «تظهر الصخرة أن المريخ يحتفظ بسجل بالغ الأهمية، تفتقد الأرض مثله تماما. وهو سجل تلك الحقبة التي بدأت فيها الحياة هنا على الأرض، قبل ما بين ٣,٨ بلايين سنة، (عمر أقدم أحجار لدينا)، و٤,٥ بلايين سنة، وهو الوقت الذي بدأت فيه الشمس والكواكب التابعة لها في التكوّن، وتعمّق هذه الحقيقة أهمية حافز العودة إلى المريخ، من أجل أن نبدأ في دراسة ذلك السجل القديم على الكوكب نفسه».

لماذا يحتفظ المريخ بسجل جيولوجي لسنواته الأولى، بينما تفتقر الأرض إلى مثله؟ لقد أدت الحركة التكتونية [١١] للقشرة الأرضية، أي الطحن البطيء لقطع من القشرة الأرضية مقابل، وفوق، بعضها البعض، إلى دفن جميع الصخور rocks والكتل الصخرية [١٢] التي يزيد عمرها على ٣,٨ بلايين سنة، نتيجة لعمليات التعرية erosion. يقول كريستوفر مكاي، وهو خبير في شؤون المريخ يعمل في مركز آميس Ames للأبحاث بولاية كاليفورنيا، والتابع لوكالة «ناسا»: «تلك هي السنوات التي ظهرت فيها الحياة على الأرض». ومكاي هذا (الذي لا تربطه صلة قرابة بقائد الفريق الذي قام بدراسة الحجر النيزكي المريخي، والذي يحمل الاسم نفسه)، يسمي الفترة الزمنية الواقعة بين نحو ٣,٨ بلايين و٤,٥ بلايين سنة، والتي تتضمن الوقت الذي ظهرت فيه الحياة على الأرض، «سنوات الخبز السحري»، على اسم طعام كانت إعلاناته تقول إنه مهم للأطفال في أثناء فترة نموهم. يقول مكاي: «يمتلك المريخ سجلا لسنوات «الخبز السحري» خاصته، نظرا لوجود قدر من التعرية والحركة التكتونية أقل بكثير من مثيلاتها على كوكب الأرض». وسواء كانت تلك نقمة أو نعمة للمريخ، أن يكون حجمه أصغر بكثير من حجم الأرض، فهو يفتقر إلى مصادر الحرارة الداخلية التي كادت في الأرض أن تذيب الطبقة الصخرية الموجودة تحت القشرة الأرضية مباشرة. وأثناء انزلاقها فوق هذه الطبقة شبه السائلة semi fluid، تهيم قطع من القشرة الأرضية ببطء فوق القشرة المستبطنة لكوكبنا، مسببة أحيانا زلازل في أثناء احتكاكها ببعضها البعض أو سقوطها أسفل منها. وتؤدي هذه الحركة التكتونية للقشرة الأرضية، عاجلا أو آجلا، إلى دفن القطع المنفردة للقشرة الأرضية، مما يحرمنا من أي دليل أحفوري [١٣] على وجود الحياة قد تنطوي عليه.

نحن نعلم أنه خلال الأحقاب الزمنية الغابرة، قبل ثلاثة أو أربعة بلايين من السنين أو يزيد، كانت البيئة على سطح المريخ أكثر ملاءمة للحياة بكثير مما عليه الحال الآن. وفي تلك العهود، يبدو أنه كانت على سطح المريخ أنهار وبحيرات، ذات مياه جارية وساكنة، مع هطول أمطار وتبخر للمياه، ما زالت آثارها باقية حتى الآن، منطبعة على سطح الكوكب الذي يبدو مقفرا لا حياة فيه. أما الآن فلا توجد على المريخ الآن أي مياه سائلة على الإطلاق؛ فأي جليد يسخن على سطحه يتحول على الفور إلى بخار الماء. يعلق كريستوفر

مكاي على ذلك بقوله: «لقد وصلت الفايكنج متأخرة بضعة بلايين من السنين»، مشيرا إلى المركبتين الفضائيتين التابعتين لوكالة «ناسا»، اللتين هبطتا على سطح المريخ عام ١٩٧٦، ويضيف: «ولم تقوما - حرفيا - إلا بخدش السطح في بحثهما عن حياة هناك».

هذه الصورة الفسيفسائية للمريخ، والتي التقطتها المركبة الفضائية «فايكنج» عام ١٩٧٦، تظهر منظومة من الوديان canyons تسمى الوادي المريخي Valles Marineris، والتي يصل عمقها إلى خمسة أميال، وتمتد لأكثر من ألفي ميل عبر سطح الكوكب. ويساوي قطر المريخ - والذي يبلغ ٤٢٢٠ ميلا - ٥٣ بالمائة من قطر الأرض (صورة وكالة «ناسا»)



قامت كل من المركبتين الفضائيتين المسماتين بالفايكنج بالتقاط عينات صغيرة من التربة المريخية ودراستها بحثا عن دليل على وجود أي من أشكال الحياة. وعلى الرغم من الحماس المبكر حول ما بدا أنه إشارات موجبة، خلصت فرق البيولوجيا للمركبة فايكنج إلى أن سطح المريخ اليوم يبدو قفرا من الحياة. ويشعر كريستوفر مكاي بالثقة في أن استكشافا أفضل للمريخ سيكشف علامات واضحة عن وجود حياة قديمة، وربما حتى وجود حياة حالية تقبع تحت السطح، ويقول: «إن أفضل الأشياء المرشحة [لاستكشاف الحياة على المريخ] هي قيعان البحيرات القديمة، فكّر بسهول بونفيل Bonneville الملحية بولاية يوتاه، والتي هي أيضا قاع إحدى البحيرات القديمة. عليك أن تقود سيارة رياضية عبر البحيرة القديمة، ثم تدلف مباشرة إلى قاع النهير creek الذي كان يغذيها في الماضي. هذا هو المكان الذي يجب أن تحفر فيه الأرض بحثا عن الحياة». وسنرى لاحقا كيف ولماذا تطورت الظروف الملائمة للحياة على سطح المريخ، إلى بيئة معادية للحياة، والتجارب التي يمكنها أن تختبر وجود أنماط مجهرية من الحياة خارج الأرضية alien life. (يقول كريس مكاي: «سنتعرف عليها حين نراها»). وتقبع قضية التعرف على الحياة خارج الأرضية هذه في موضع القلب من أي مناقشة حول الأدلة التي يحتوي عليها الحجر النيزكي المريخي.

ما الذي وجده العلماء في الصخرة المريخية؟

يمكن تجميع النتائج التي أعلنت في السابع من أغسطس، والتي نشرت في مجلة «ساينس» في السادس عشر من أغسطس ١٩٩٦، تحت أربعة عناوين رئيسية:

- تحتوي الصخرة على كريات globules من الكربونات، وهي ترسبات معدنية من ذرات الكربون والأكسجين مقترنة مع ذرات أخرى مثل الكالسيوم، أو الحديد، أو المغنيسيوم. وتشكل هذه الكريات نحو واحد بالمائة من كتلة الصخرة. التي لا يزيد حجم أي منها على عرض شعرة، وعلى الأرض، تنتج المخلوقات التي تعيش في المحيطات ترسبات من الكربونات (وهو أمر جيد بالنسبة لنا، حيث إن هذه العملية تحول بين سيادة غاز ثاني أكسيد الكربون على جو الأرض، ورفع درجة حرارة كوكبنا فوق الحدود التي يمكننا احتمالها)،

لكن الكربونات قد تتكون في غياب الحياة. وينطوي جزء محوري من الجدل الدائر حول الحجر النيزكي المريخي، على أسئلة مثل: متى، وكيف تكونت كريات الكربونات هذه؟ ما الذي يعنيه تكونها بالنسبة للظروف الموجودة على المريخ؟ وتحديدا، هل تكونت هذه الكربونات في وجود ماء سائل، مثل أغلب الكربونات الموجودة على الأرض؟

- في جميع أجزاء كريات الكربونات الموجودة في الصخرة المريخية، تكشف الطرق المتقدمة عن جزيئات تدعى (١٤) PAHs (الهيدروكربونات الأروماتية (العطرية) عديدة الحلقات)، والتي كثيرا ما تنتجها الكائنات الحية في أثناء تحللها. وعلى الرغم من أن تلك الجزيئات قد تنتج عن عمليات غير بيولوجية، بالإضافة إلى تكونها من المواد العضوية، فإن الجزيئات PAHs الموجودة داخل الكريات موزعة على نحو متفاوت uneven، مما يعني ضمنا أن كائنات حية دقيقة قد أنتجت تركيزاتها هذه.

- داخل كريات الكربونات، وجد العلماء أيضا بلورات نوعين من المعادن المغناطيسية، وهما أكسيد الحديد iron oxide وسلفيد الحديد iron sulfide، والتي هي في جوهرها عبارة عن مغناطيسات صغيرة جدا. وعلى الأرض، تقوم بعض أنواع البكتريا بتصنيع معادن مشابهة، وتستخدمها لتستشعر الاتجاه «لأعلى» و«لأسفل»، وبالتالي توجه نفسها أثناء طفوها، بحثا عن مناطق أكثر ملاءمة لاستقلابها metabolism (١٥). ويتطلب إنتاج أكاسيد وسلفيدات الحديد بيئة أقل حمضية من تلك اللازمة لتكوين الكربونات. وبالتالي فإن وجودها داخل الكربونات يشير إلى أن المعادن المغناطيسية ربما تكونت بفعل الكائنات الحية التي حافظت على موقفين مختلفين في وضع شديد التقارب، كما تفعل البكتيريا كثيرا على الأرض.

- أخيرا، فقد أظهرت المجاهر الإلكترونية القوية أن حواف rims كريات الكربونات تحتوي على بنى دقيقة، وهي «بيضويات» ovoids نحيلة، والتي تشبه في شكلها أصغر أنواع البكتيريا وحيدة الخلية الموجودة على الأرض. وهذه البكتيريا الضئيلة الحجم، والتي تعد من بين أصغر الأنواع الحية على ظهر كوكبنا، تقاس أحجامها بالميكرونات microns. والميكرون هو جزء من ألف من المليمتر، أو ما لا يزيد على ٠,٠٠٠٠٤ من البوصة. ونحتاج من ٥٠ إلى ١٠٠ من هذه «البكتريا المجهرية» التي يبلغ عرض الواحدة منها ميكرونا

واحدا، لتغطي قطر شعرة بشرية واحدة. ومع صغر حجم هذه البكتيريا الأرضية، فهي تكبر البيضويات الموجودة في الحجر النيزكي المريخي بخمسة إلى مائة ضعف.

لم يفكر أي من العلماء المشاركين في هذا البحث، والذين شاركوا في المؤتمر الصحافي، ولو للحظة، في أن الأدلة الأربعة تثبت، من دون أدنى شك، وجود حياة قديمة في الحجر النيزكي المريخي الذي قاموا بدراسته. كانوا على علم تام ـ وسيتم تذكيرهم بصورة متكررة وصاخبة خلال الشهور التالية ـ بأن ترسبات الكربونات يمكن أن تنتج من دون وجود حياة؛ فقد وجدت الجزيئات PAHs في أحجار نيزكية أخرى، ومن المرجح أنه قد عُثر عليها في الفضاء بين الكواكب أيضا، من دون أن يدعي أي إنسان وجود حياة هناك؛ وربما تكوّن المجنتيت (١٦) وسلفيد الحديد من الكربونات في بيئة مختلفة، ثم ترسب داخلها؛ وأن البيضويات ربما تكون في الحقيقة بنى بلورية تكوّنت دون تَدَخُّل الحياة. كتب الباحثون في مقالهم المنشور في مجلة «ساينس» ما نصه: «لا تعد أي من ملاحظاتنا حاسمة conclusive في حد ذاتها، للتدليل على وجود حياة قديمة».

وأخيرا، فإن ديفيد مكاي وإيفريت جيبسون وزملاءهما في وكالة «ناسا» والمراكز البحثية الأخرى، قد اختتموا مقالهم بجملة رائعة إلى حد الدهاء: «برغم وجود تفسيرات بديلة لكل من هذه الظواهر إذا تم تناولها كلا على حدة، إلا إنه عند التفكير بها مجتمعة ـ وخصوصا من منظور تداعياتها الحيزية (المكانية) spatial association ـ فسنخلص إلى أنها تمثل دليلا على وجود حياة بدائية على سطح المريخ في مرحلة باكرة من وجوده». وبالطبع، فهي تمثل دليلا، مما حدا العلماء الآخرين على الاستجابة فورا. ولكن ما مدى صحة هذا الدليل؟ لقد جرى إعداد الساحة لمسرحية درامية متواصلة: محاكمة الصخرة المريخية.

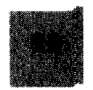
قاعة محكمة العلم وعبء الإثبات (١٧)

إذا استخدمنا تشبيه المحاكمة الجنائية، فسنرى على الفور أن العلماء يجب ألا يعملوا فقط كشهود خبراء، بل عليهم لعب دور المحامين، للترافع لمصلحة أو ضد الدليل على وجود حياة قديمة على المريخ. ويسعى محامو

الادعاء prosecution لإثبات وجود حياة على المريخ، بينما يجادل فريق الدفاع بأن تلك الحياة لم يجر إثباتها. وبالإضافة إلى العلماء المتابعين لوقائع الجلسة، علينا نحن المواطنين العاديين أن نلعب دور المحلفين jury. ومَن، إذن، سيلعب دور القاضي، الذي تتمثل وظيفته في المحاكم الأمريكية بصورة أساسية في الحكم بأن هذا الدليل المحدد مقبول أو غير مقبول؟ في الحياة الواقعية، لا تزال هذه الوظيفة شاغرة، لذلك فسأحتلها أنا - ليس بالكامل كما سيشغلها القاضي- ولكني على الرغم من ذلك مستعد دائما لطرح الملاحظات المتعلقة بالدليل العلمي. وبعد تحديد الأدوار، لن ينقصنا سوى القواعد. ومن بين هذه، علينا أن نختار واحدة ذات أهمية حاسمة: ما المعيار الذي تفرضه محكمة العلم على الدليل من أجل الوصول إلى حُكم عليه؟

في قضية مثل هذه، التي تنعقد تحت سلطة قضائية غير مألوفة، فإن أي محام مُحَنَّك سيطلب على الفور معرفة مدى الجهد الذي يجب أن يبذله الادعاء، بحيث لا يمكن إثبات أي تفسير سوى وجود الحياة. وهل يجب أن يتم ذلك بصورة تتخطى حدود الشك المعقول، وهو المعيار المطلوب في القضايا الجنائية؟ أم هل يتوجب على الادعاء إثبات موقفه، ببساطة، من خلال سيادة الأدلة؛ وهو المعيار المطبَّق في حالات الخلاف بين شخصين؟... ربما توجب علينا استخدام معيار ثالث متوسط، مثل «الدليل القاهر» compelling evidence، كائنا ما كان. وبالإضافة إلى ذلك، فإذا طبقنا معيارا للشك المعقول، فسنثير قضايا إضافية ذات صلة بموضوعنا. فهل يتوجب على الادعاء نفي كل تفسير بديل، أم فقط تلك الأدلة التي يقدمها الدفاع؟ وهل يجب أن تُنفى جميع البدائل، بغض النظر عن مدى كونها بعيدة الاحتمال، بصورة تتخطى حدود الشك المعقول؟

ونظرا إلى أننا لا نمتلك محاكم علمية، فليست لهذه الأسئلة أجوبة عامة، على رغم أنها تثار يوميا بين أوساط العلماء، الذين يجب عليهم إدانة أو تبرئة تلك النظريات التي تحاول تفسير الظواهر التي يلاحظها العلماء الآخرون. وعند تقرير ما إن كانت هناك حياة قديمة على المريخ أم لا، عليكم أيها المحلفون أن تحاولوا فهم عَرْض المحامين للأدلة، ومرافعاتهم لمصلحة وضد حكم معين. وقد يبدو ذلك مثبطا للهمم. على أي حال، فبالنسبة إلى أولئك الذين يتابعون الأدلة التي تقدم وتمحص في القضايا الجنائية



الكبرى، سيجدون أن مهمة تعلم الأدلة المتوافرة لمصلحة أو ضد الحياة على المريخ والحكم عليها، هي مهمة بسيطة نسبيا. وأن مردودها المعنوي سيكون بالتأكيد أفضل.

افترض أننا نتخيل فريقين عظيمين من المحامين الذين سيترافعون لمصلحة، وضد، رأي متعلق بالحياة على المريخ. يمكننا أن نبدأ المحاكمة بالاشتراطات stipulations، وهي البنود التي يتفق أي محاميين عاقلين عليها (فعلى رغم كل شيء، فإن المحامين هم في الحقيقة علماء). وتهدف هذه الاشتراطات إلى إعداد قائمة بما يجب إثباته لتوطيد وجود الحياة. على سبيل المثال، فمن بين البنود الرئيسية، يجب أن يكون إظهار أن جميع المستندات المقدمة كأدلة قد خضعت للإجراءات المناسبة بخصوص اكتشافها، والسلسلة اللاحقة للتحكم فيها، وتحليلها فيما بعد، وتفسيرها الصحيح (وهو أصعبها جميعا لإثباته). ولذلك، يمكننا أن نحدد الخطوات التالية كمتطلبات لازمة لإثبات أن الحياة قد وجدت من قبل على المريخ:

١ ـ إثبات أن الصخرة الموجودة على الأرض قد أتت بالفعل من المريخ.

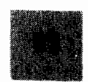
٢ ـ إظهار أن المواد الموجودة داخل هذه الصخرة لم تتلوث بفعل الأنماط الأرضية للحياة خلال تلك الآلاف من السنين التي انتظرتها قبل اكتشافها، وأثناء جمعها، أو في أي وقت بعد ذلك.

٣ ـ استخدام التحليل المفصل للمواد التي تحتوي عليها الصخرة، لإثبات أنها تحتوي على مركبات كيميائية وبنى تركيبية مميزة للحياة.

٤ ـ استبعاد احتمال أن هذه الأدلة الكيميائية والبنيوية قد تنتج عن عمليات غير تلك التي تقوم بها الكائنات الحية.

وتتوافق النقطة رقم (٤) مع القول المأثور الذي وضعه شرلوك هولمز، وهو المخبر العظيم ـ والشخصية الخيالية تماماً ـ الذي ابتكره أرثر كونان دويل [١٨]. كان هولمز، الذي لا يتوقف عن توبيخ مرافقه الدكتور واطسون، يكرر قاعدته الأولى عن التحقيقات الجنائية على مسامع واطسون في قصة «علامة الأربعة»، قائلا له: «كم من مرة قلت لك إنه عندما تستبعد المستحيل، فما يبقى، مهما كان بعيد الاحتمال، يجب أن يكون هو الحقيقة؟».

يثبت هذا المبدأ فائدته في تحديد مكان مفاتيح السيارة التي سقطت منك في مكان ما من المنزل، لكنه يعاني – في الممارسة العملية – حقيقة أن



الجميع لن يتفقوا على ما يمثل تفسيرا بديلا، أو على ما إن كان هذا التفسير قد دحض بالفعل. وعلى الرغم من ذلك فإن كل عالم يعتمد على هذا المبدأ لإثبات صحة النتائج التي توصل إليها، في مقابل الكثير من العمل الشاق. يقول ريتشارد زار Zare، وهو المؤلف الأخير (كما هي الحال مع كل من تنتهي أسماؤهم بالحرف Z- أو الياء في العربية) للمقال المنشور في مجلة «ساينس»: «إن العلماء بارعون في دحض الأشياء، أما ما لسنا بارعين فيه فهو إثبات صحة تلك الأشياء». ولذلك تدعو الحاجة لاتباع قاعدة هولمز: حدِّد جميع الأمور التي تحتاج إلى نفي، باشر بنفيها، وستعتبر قضيتك مثبتة.

في حالة الحياة على المريخ، فإن المهمة ذات الخطوات الأربع، المفروضة على الادعاء، تتزايد صعوبتها باطراد. ولنفترض الآن وجود المحامي «أ» من الدفاع (لا توجد حياة على المريخ)، والمحامي «ي» من الادعاء (هناك حياة على المريخ). سنجد أن «أ» سيعترف بسهولة بالنقطة رقم (١)، أي أن الصخرة قد أتت بالفعل من المريخ؛ ومن المحتمل أن يسلِّم بصحة النقطة رقم (٢)، أي أنها لم تتعرض لأي تلوث؛ ويتشبث بحماس بالنقطة رقم (٣)، التي تنص على أن الصخرة تحتوي بالفعل على دليل على وجود الحياة على المريخ؛ لكنه سيتشبث بموقفه ويرفض تماما أن يسلِّم بصحة النقطة رقم (٤)، أي بوجود بدائل غير الحياة يتوجب استبعادها. ويمكن للمحامي «أ» أن يجادل بضرورة فرض قدر أكبر من عبء الإثبات على بعض بنود القائمة، وليس البعض الآخر. وعلى سبيل المثال، إذا لم يتأت لنا نبذ إمكان التلوث بما يتخطى حدود الشك المعقول، فلا يبدو أنه من المفيد الاستمرار في استكمال المحاكمة. وبالمثل، فإن المحامي «ي» سيسلم بكل سرور بأن النقطة رقم (٤) تحتوي على النقطة الحاسمة crux للقضية، وأنه من أجل أن ينتصر، عليه إظهار أن جميع الاحتمالات ـ باستثناء وجود الحياة ـ يمكن رفضها. ولكن، هل يجب رفض هذه الاحتمالات فوق أي قدر معقول من الشك، كما يصر عليه المحامي «أ»، أم فقط بأكثرية من الأدلة؟ فإذا أمكن للمحامي «ي» أن يعرض بأكثرية من الأدلة، أن هناك تفسيرا مبنيا على وجود الحياة هو أقرب احتمالا من جميع التفسيرات البديلة، فستكون هذه نتيجة مروعة تماما ـ حتى لو لم يكن باستطاعة الدليل أن يتخطى معيارا فوق حدود الشك المعقول.

كفانا الآن من هذه القضية الشائكة لعبء الإثبات، التي يجب على كل منا أن يقيّمها ويحلّها بنفسه. ولنراجع الآن تلك الاشتراطات التي يمكن أن يتفق عليها المحامون بصورة معقولة:

١ـ هناك حجر نيزكي عثر عليه في القطب الجنوبي عام ١٩٨٤، وأطلق عليه الاسم ALH 84001 من قبل مصنفيه cataloguers ؛ وفي عام ١٩٩٣، جرى تحديد أن منشأه هو كوكب المريخ. وتلا ذلك استنتاج أن تصادما impact ما لا بد من أن يكون سبب انفصال هذا الحجر عن كوكب المريخ؛ وأنه سقط في النهاية بعد أن ظل يدور لسنوات عديدة في الفضاء بين الكواكب interplanetary space.

٢ ـ حُفظ الحجر النيزكي بعناية، بهدف تجنب تعرض سطحه لأي تلوث. ومن الظاهر أن داخله لم يتعرض لأي تلوث من البيئة الأرضية خلال ١٣٠ ألف سنة تقريبا، وهي المدة التي قضاها في الجليد القطبي. أما العمر الفعلي للحجر، بما فيه الوقت الذي قضاه على المريخ والفترة الزمنية الأقصر بكثير التي قضاها في الفضاء بين الكواكب، فيبلغ نحو ٤,٥ بلايين سنة.

٣ ـ أظهر الفحص التفصيلي لداخل هذا الحجر النيزكي وجود كريات من الكربونات. وعلى الرغم من عدم إمكان التحديد الدقيق للوقت الذي تكوّنت فيه هذه المركبات، فإن بعض الأدلة تشير إلى أن عمرها يبلغ ٣,٥ بلايين سنة، بينما يحدد تحليل آخر عمرها بنحو ١,٤ بليون سنة. وداخل كريات الكربونات هذه، وجد العلماء معادن ومركبات أخرى تولدها الكائنات الحية. أما أكثر القضايا إثارة للجدل حول ما إن كانت هذه الأشياء الصغيرة، كائنة ما كانت، أصغر من أن يمكنها البقاء على قيد الحياة. ويستند عبء الإثبات على أولئك الذين يؤكدون على أن البيضويات ما هي إلا أحافير fossils ، من أجل إظهار موضوعية هذا التأكيد.

٤ ـ تحتوي كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي على جزيئات من نوع يسمى PAHs، بالإضافة إلى معادن مغناطيسية من نوعين مختلفين؛ أكاسيد الحديد وسلفيدات الحديد. وعلى رغم أن جميع هذه المركبات من الممكن تفسيرها من دون الاستشهاد بوجود الكائنات الحية، فحقيقة أنها تظهر جميعها في المناطق نفسها، لا يمكن تفسيرها بمثل هذه السهولة.

ولذلك، فالجدل الدائر حول إمكان دحض التفسيرات البديلة يتركز حول مدى احتمالية كون عمليات غير بيولوجية قد أنتجت جميع المركبات التي عثر عليها داخل الكريات.

الافتتان البشري بالمريخ

إذا كانت وكالة «ناسا» والرئيس كلينتون قد أعلنا أن صخرة قد انفصلت عن أحد الكويكبات [١٩]، تحتوي على دلائل مغرية على وجود حياة قديمة، أصغر من أن ترى من دون استخدام أقوى المجاهر الإلكترونية لدينا، لطلب أغلبنا منهم الاتصال لاحقا عندما تتوافر لديهم أخبار أفضل. لكن المريخ أمر مختلف، فجنبا إلى جنب مع مذنَّب هالي [٢٠]، وحلقات زحل، ورجل القمر، اكتسب الكوكب الأحمر موقعا خاصا في الوعي الجماهيري، يثير كلا من الخوف والرهبة في حضارة تلو حضارة. وكلما حدق البشر في سماء الليل، نسجوا الأساطير والخرافات myths حول نصف كرة الليل، أي السماء التي تبدو كأنها تدور حول الأرض، حاملة نقاطا لا تُحصى من الضوء. ومن بين جمهرة النجوم الثابتة fixed stars، التي احتفظت بمواقعها نفسها بالنسبة إلى بعضها البعض عندما تبدو السماء وكأنها تدور، سرعان ما لاحظ المراقبون وجود خمسة أجسام تائهة بين الأبراج النجمية starry constellations. كانت هذه الكواكب السيارة planets، وتعني باليونانية «المتجولون» أو «الهائمون» wanderers، تغير مواقعها بالنسبة إلى النجوم بصورة مستمرة، متحركة ببطء بين أبراج دائرة البروج zodiac [٢١]. وعلى رغم أن هذه التحركات تتم ببطء أشد من أن يمكن ملاحظته في أي ليلة واحدة، يمكن للمراقب ذي العين الخبيرة أن يرى كوكبا مثل المريخ أو الزهرة، وهو يتحرك ببطء مبتعدا عن الموقع المرصَّع بالنجوم الذي كان يشغله في الليلة السابقة. ونحن نعلم الآن أن هذه التغيرات تنشأ عن الحركات المدارية orbital لهذا الكوكب حول الشمس. ولكن من بين الكواكب السيارة الخمسة التي يمكن رؤيتها بالعين المجردة، فإن الزهرة هي أقربها إلى الأرض وتشع بأعظم بريق. ولكن باعتبار أن الزهرة تظل دوما قريبة نسبيا من الشمس عندما نراها في السماء، فلا يمكننا على الإطلاق أن نلاحظ هذا الكوكب في ظلام الليل الدامس. ولا يتبع المريخ ذو اللون الأحمر الدموي، الذي

يسطع أحيانا بقوة الزهرة نفسها، مثل هذه القاعدة. فهذا الكوكب يمر بدورة كاملة في مرات ظهوره فوق الأفق. ويشرق المريخ أحيانا ويغرب مع الشمس، ولكن بعد ذلك بعام تقريبا، يشرق المريخ مع شروق الشمس ولا يغرب إلا مع بزوغ الفجر. وعندما يقترب المريخ من أقصى سطوع له ويبقى في السماء طوال الليل تقريبا، يبدو كأن تجواله على هذه الخلفية المرصعة بالنجوم قد توقف لعدة ليال. يقوم المريخ بعد ذلك بعكس اتجاه تجواله بالنسبة إلى النجوم، بينما الأرض التي تتحرك في مداره بسرعة أكبر، وتتجاوز overtake الكوكب الأحمر، بحيث إنه في أقصى سطوع له، يبدو المريخ وكأنه يتحرك إلى الخلف على الخلفية المرصعة بالنجوم، كما تبدو أعمدة الهاتف من السيارة المنطلقة بسرعة على ستارة خلفية backdrop لمنظر طبيعي بعيد. وبعد عدة أشهر من هذه الحركة التراجعية Retrograde، يغيِّر المريخ من اتجاه تجواله مرة أخرى، ويستعيد اتجاه حركته المعتاد عبر الأبراج. ويظهر كل من المشتري وزحل سلوكا مشابها، لكن بطريقة أقل وضوحا. إضافة الى أن درجة سطوعهما تتغير بصورة أقل بكثير مما يفعل المريخ، لأن المسافة بين الأرض وبين المريخ تتعرض لتغيرات أكبر بكثير من المسافة إلى المشتري أو زحل.

وبسبب الافتتان بلون المريخ الأحمر، وبحركاته الغريبة، وبسطوعه المتباين، ربطت الحضارات في جميع أرجاء الشرق الأوسط القديم بين هذا الكوكب وبين إله الحرب الذي لا يمكن التنبؤ بتصرفاته، والميال إلى الحدة في الطباع. كان المريخ Mars يمثل نجرال Negral، إله الحرب البابلي(٢٢)؛ وآريس Ares، إله الحرب الإغريقي(٢٣)؛ أما الرومان، الذين اعتنقوا الفكر الإغريقي بصورة أكثر عبودية من انتحال الإغريق للطرق البابلية، فاكتفوا بإجراء تعديل بسيط على الاسم ؛ من آريس Ares إلى مارس Mars (٢٤)، وهو الاسم الذي لا يزال مستخدما حتى الآن (في الإنجليزية). وبعد أكثر من ألف سنة على سقوط الإمبراطورية الرومانية، قام يوهان كيبلر رسم مدار المريخ، في محاولته الناجحة لاكتشاف قوانينه الخاصة بحركة الكواكب، ووجد أن مدار المريخ حول الشمس له شكل إهليلجي elliptical، وليس دائريا كما كان يصر عليه الخبراء السابقون.

في كتابه المعنون «رحلات جاليفر» Gulliver's Travels، الذي كتب في أوائل القرن الثامن عشر، تخيل جوناثان سويفت وجود قمرين للمريخ؛ وبعد ذلك بقرن من الزمان، اكتشف الفلكيون أن المريخ يمتلك بالفعل قمرين صغيرين ؛ فوبوس Phobos وديموس Deimos [٢٥]، وهما كويكبان أسيران، لا يتعدى قطر أحدهما عدة أميال.

بحلول نهاية القرن التاسع عشر، قام برسيفال لويل Lowell، وهو برهمي[٢٦] من الطبقات العليا، يسكن مدينة بوسطن، ببناء مرصد قرب مدينة فلاجستاف بولاية أريزونا. وبعد أن حفزته تقارير جيوفاني شياباريللي من إيطاليا، التي تقول بوجود خطوط أو قنوات على سطح المريخ ـ أطلق عليها بالإيطالية اسم canali ـ شرع لويل برسم الخرائط لمئات من «القنوات» المريخية. واعتبارا من عام ١٨٩٥، أذاع لويل استنتاجاته على الملأ في صورة كتب شعبية مكتوبة بأسلوب جيد، كما لاقت قبولا حسنا. قال لويل إن المريخ يؤوي سكانا على قدر كبير من الذكاء، عالجوا كوكبهم القاحل عن طريق حفر القنوات لنقل الماء الذائب من القمم القطبية إلى المناطق الاستوائية. ولمدة نصف قرن من الزمان، كانت ملاحظات لويل تبدو معقولة، على الأقل بالنسبة لأولئك الذين لم يجروا استقصاء كاملا لنزعة العين والدماغ البشريين لرؤية خطوط بين البقع المظلمة على خلفية فاتحة اللون. وفي عام ١٨٩٨، كتب هـ.ج. ويلز [٢٧]. واحدة من أولى قصص الخيال العلمي الكبرى، وهي حرب العوالم War of the Worlds، استنادا إلى كتابات لويل، ويتخيل فيها وجود جنس متفوق تكنولوجيا من سكان المريخ الذين يقومون بغزو الأرض لنهب مواردها، والذين يهلكون في النهاية بفعل الجراثيم الأرضية. وبعد ذلك بأربعين سنة، وبالتحديد في ليلة عيد القديسين Halloween ـ في الثلاثين من أكتوبر عام ١٩٣٨ ـ أذاعت فرقة ميركوري المسرحية Mercury theater لأورسون ولز [٢٨]، رؤية درامية إذاعية لرواية ويلز، مما أثار ذعرا واسعا طول الساحل الشرقي للولايات المتحدة، حيث وضع ملايين الأمريكيين وجها لوجه مع احتمال أن قبيلة من الغزاة اللا أرضيين لن تترك للجنس البشري مكانا للاختباء ـ وهي فكرة اشتهرت بعد ذلك في العشرات من أفلام الخيال العلمي.



منذ نحو قرن من الزمن، رسم برسيفال لويل P.Lowell هذه الخريطة للمريخ وما اعتقده أنه قنواته. وفي منظور لويل، امتدت شبكة القنوات المريخية على جميع أجزاء سطح الكوكب، متلاقية فيما اعتقد أنه واحات oases (بالإذن من مرصد لويل).

وبعد ثلاثة عقود من ليلة إذاعة تلك الأخبار الزائفة عن المريخ، أي في أواخر الستينيات وأوائل السبعينيات من القرن العشرين، أطلقت وكالة «ناسا» إلى المريخ أربع مركبات فضائية من طراز مارينر Mariner، يمكنها أن ترسل صورا فوتوغرافية إلى الأرض. وقضت صور المركبة مارينر إلى الأبد على فكرة وجود علامات تدل على حياة ذكية على المريخ. وبمواجهتها بالمواقع الجرداء على الكوكب، اختفت قنوات لويل، وتوارت أيضا فكرة وجود مياه جارية على سطح المريخ، كما تلاشى احتمال وجود حياة يسهل اكتشافها على

المريخ. وعوضا عن ذلك، خصوصا بعد مهمة المركبة فايكنج Viking في عام ١٩٧٦، لم يظهر أمامنا سوى مريخ قارس البرودة، جاف، ومعاد للحياة، ربما ليس قفرا من الحياة الآن فقط، بل وعلى الأقل طوال التاريخ الظاهر للحياة.

في أحد الأيام، أدى الحجر النيزكي المريخي ALH 84001 إلى تغيير كبير في هذا التوجه. وسواء أظهر وجود حياة سابقة أو حالية على المريخ أم لا، فقد أدت هذه الصخرة التي يبلغ عمرها ٤,٥ بلايين سنة، والتي انفصلت عن أقرب الكواكب السيارة إلينا، إلى إزالة فقدان حاسم في بحث علمي طويل الأمد؛ فلأول مرة، أصبح لدينا عينة من كوكب غير كوكبنا الأرضي، تظهر ظروفا مواتية للحياة. ويقارن توبياس أوين الأخبار التي تناقلتها وسائل الإعلام عن الصخرة المريخية بأول صور بُثت من الفضاء تظهر كامل الكوكب الأرضي. ويقول أوين: «ستترسخ رسالتها ببطء، لكنها ستغير طريقة تفكيرنا بالحياة في الكون». فإذا أردنا أن تتغلغل فينا هذه الأنباء، فعلينا أن نبدأ بفهم تاريخ الصخرة التي تصدرت عناوين الأخبار في جميع أنحاء العالم.

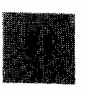


2 قصة صخرة

«كنت أعلم دائمـــا أن هذه الصخرة غير عادية»

روبرتا سكور

إن جميع الأدلة التي أعلن في العـام ١٩٩٦ أنها تشيـر إلى وجود حياة قديمة على المريخ، تقبع داخل صخرة تزن أربعة باوندات وثلاث أونصات، اكتشفت في منطقـة آلان هيلز Allan Hills بقـارة أنتـاركتـيكا القطبـيـة الجنوبيـة بعـد ٤,٥ بـلايين سنة من تكوّن الصـخـرة و١٣ ألف سنة من سـقـوطهـا على الأرض. وقـد تكلف اكـتـشـاف هذه الصـخـرة المريـخـيـة، مع الآلاف من الأحجار النيزكية الأخرى، أقل من مليون دولار أنفقت على برنامج أبحاث الأحـجـار النيـزكيـة القطبيـة الجنوبيـة التـابع للمؤسـسـة الوطنيـة للعلوم. وهذا المبلغ الذي لا يـزيد عن جـزء واحـد في المائة من تكلفـة إرسـال مـركبـة فضـائيـة إلـى المريخ لجلب عينـات منه إلى الأرض، يذكرنا بأنه علـى الرغم من أنه بوسـعنا، بل ويتعين علينا، أن نسعى لتنفيـذ بعض المشروعات الرائعة والجيدة التخطيط، والمركبة التي تعود علينا بمردودات علميـة عظيـمة، إلا أننا يجب أن نتـذكـر أيضـا مـلاحظـة مـا الذي يمكننا أن نعثـر عليه بمحض الصدفة. «إن أصعب ما يمكن اكتشافه هـو الشـيء الذي لا تبـحـث عنـه أصـــلا». هذه هـي طريقـة تعـبيـر عـالم الكوزمـولوجيـا[1] روكي كـولب Kolb عن هـذه الظـاهـرة.



ونظرا إلى أن فريقا من الباحثين الخبراء اكتشف الحجر النيزكي المريخي، كجزء من بحث متأن ومتواصل عن الأحجار النيزكية في القطب الجنوبي، حيث يمكن التعرف على الأحجار النيزكية الموجودة على الجليد بسهولة نسبية، فإنه يمكننا بالكاد أن نقول إنه قد عثر عليه بمحض المصادفة. أما ما كان مصادفة فهو تبيُّن أن هذا الحجر النيزكي بالتحديد من المريخ بالفعل، وأيضا أنه الأقدم من بين نحو اثني عشر حجرا مريخيا عثر عليها على الأرض. وتحمل هذه الصخرة الاسم العلمي ALH 84001، ويعني ذلك أنه أول حجر نيزكي يجري تسجيله من بين تلك الأحجار النيزكية التي عثر عليها في منطقة آلان هيلز في قارة أنتاركتيكا خلال العام ١٩٨٤. وأدت الجهود الدؤوبة للعلماء، بالإضافة إلى مباهج الاكتشاف الاتفاقي[٢] وإمكان الاستفادة منه، إلى ترسيخ بعض الحقائق الأساسية عن أقدم الصخور المريخية التي بحوزتنا. ووفقا للإجراء الشرطي stipulation procedure الذي تصورناه لفريقينا المتخيلين من المحامين العلميين والعقلانيين، يمكننا البدء بسرد حكاية الصخرة من دون اعتراض أي من الفريقين.

الحجر النيزكي ALH 84001: أربعة بلايين سنة ونصف السنة من التاريخ

تكوَّن الحجر النيزكي ALH 84001 في المريخ قبل نحو ٤,٥ بلايين سنة داخل كتلة من المادة البركانية التي بردت وتصلبت ببطء. ويتكون معظم هذه الصخرة البركانية من الأورثوبيوكسين orthopyoxene، وهو حجر سيليكاتي يتكون أساسا من السليكون والأوكسجين، مختلطا ببعض الحديد والماغنسيوم.

وبعد نصف بليون سنة من تصلّب الصخرة، أي قبل نحو ٤ بلايين سنة من الآن، صدم جسم ارتطم بالمريخ هذه الصخرة قرب فترة من التصادمات النيزكية المحمومة، مما أدى إلى صهر جزء من مادتها مجددا. وبعد أربعة بلايين سنة، أي قبل ١٥ مليون سنة أو نحوها من الآن، أدى اصطدام آخر إلى فصل الصخرة عن المريخ. وبعد أن قضت معظم هذه الخمسة عشر مليون سنة تدور حول الشمس، ارتطمت الصخرة بالأرض قبل نحو ١٣ ألف سنة: وهي مدة لا تمثل سوى الأمس في تاريخ المجموعة الشمسية، حيث لا تساوي ١٣ ألف سنة أكثر من ١/١٠٠٠ من الزمن الذي استغرقته الصخرة في الفضاء، وأقل من ١/٣٠٠٠٠٠ منذ تكونت الصخرة لأول مرة على المريخ من الحمم المتبردة.



لا يزال الحجر النيزكي ALH 84001 يعتبر أقدم صخرة مريخية تكتشف على الأرض، ويبلغ طوله نحو ست بوصات، وارتفاعه ٣ بوصات، بينما يزيد وزنه قليلا عن أربعة باوندات. ويبلغ طول أضلاع المكعب الصغير الموجود في أسفل يمين الصورة ١ سم (٠,٣٩٣٧ من البوصة) - (صورة وكالة «ناسا»).

كيف يمكن للعلماء تحديد هذه الفترات الزمنية واقتفاء المراحل المختلفة لرحلة الحجر النيزكي ALH 84001 عبر الفضاء والزمن؟ فعلى رغم أن بعض البيانات المدرجة أعلاه قد لا يثبت أنها دقيقة تماما، إلا أن الدليل وراء كل بند يبدو مقنعا بالنسبة إلى أولئك الذين قضوا سنوات من عمرهم في دراسة المسارات الغريبة للأحجار النيزكية. إن كلا من الوقت الذي استغرقه الحجر النيزكي في دورانه حول الشمس والفترة التي انقضت منذ ارتطامه بالأرض، يمكن تحديده من خلال حقيقة أن الأجسام التي تتحرك عبر الفضاء بين الكواكب تقذف بصورة متواصلة بجزيئات تسمى الأشعة الكونية Cosmic rays.

إن جزيئات الأشعة الكونية، التي تنشأ عندما تنفجر النجوم وتطلق طبقاتها الخارجية إلى الفضاء، هي في معظمها عبارة عن بروتونات، وإلكترونات، وذرات الهليوم، تتحرك جميعها بسرعة تقترب من سرعة الضوء. وتتخلل الأشعة الكونية الفضاء وتقذف أي جسم غير محمي من تأثيراتها، إما بواسطة الجدر المعدنية لسفينة فضاء، وإما بطبقة من الغلاف الجوي مثل ذلك الذي يغلف كوكبنا. وحتى الغلاف الجوي الرقيق للمريخ يوفر حماية من الأشعة الكونية، لكن ما أن يوجد أي جسم في الفضاء، حتى يتلقى هجوما خاطفا[٣] من الأشعة الكونية. ويؤدي هذا العصف bombardment إلى إنتاج أنواع جديدة من الأنوية الذرية في ذلك الجسم بمعدل ثابت يمكن حسابه بدقة حتى يقع الجسم ضمن نطاق الحماية التي يوفرها الغلاف الجوي للأرض. ونحن نعرف الآن المعدل الذي تنتج به الأشعة الكونية أنوية ذرية جديدة، كما نعرف أيضا المعدل الذي تضمحل (تتحلل) به هذه الأنوية إلى أنواع أخرى. ونتيجة لذلك، فبقياس أعداد الأنوية التي تنتجها الأشعة الكونية، وكذلك عدد نواتج تحللها، يمكن لخبراء الأحجار النيزكية تحديد المدة التي تنقل خلالها جسم ما عبر الفضاء بين الكواكب، ومنذ متى انتهت رحلته. إن قياس تأثيرات قذف الأشعة الكونية والحماية التالية التي يوفرها الغلاف الجوي يشبه تحديد الوقت الذي قضاه رجل تحت الأمطار ثم داخل المنزل عن طريق اكتشاف مدى تشبع ملابسه بالماء، وكم مضى من الوقت منذ أن بدأت تجف. وقد أظهر هذا الأسلوب أن الحجر النيزكي ALH 84001 قضى نحو ١٥ مليون سنة تحت أمطار الأشعة الكونية، تلتها ١٣ ألف سنة بلغ فيها عصف الأشعة الكونية درجة الصفر تقريبا.

ماذا إذن عن أطول الفترات الزمنية المرتبطة بتلك الصخرة المريخية، فعمرها ٤.٥ بلايين سنة، وهناك دليل على تعرضها لاصطدام قوي قبل أربعة بلايين سنة؟ حُدِّدت هذه الأعمار بوساطة تقنية تسمى «التأريخ بالقياس الإشعاعي» radiometric dating، التي تتضمن قياس أعداد الأنوية الذرية التي نتجت عن التحلل الإشعاعي لبعض العناصر الموجودة داخل صخرة مثل الحجر النيزكي ALH 84001. وقبل أن نتطرق لمزيد من التفاصيل المتعلقة بهذه التقنية، علينا دراسة القضايا الكبرى، مثل: من أين أتت الأحجار النيزكية، وما الذي يمكنها أن تخبرنا به بمجرد أن نتمكن من التعرف عليها وتحليلها؟

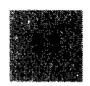
أحجار سماوية

يتعرض كوكبنا لعصف متواصل من قبل الصخور الساقطة من الفضاء. وعلى رغم أن هذه الحقيقة قد ترسخت جيدا، يمكننا أن نتفهم بسهولة لماذا كان الرجال الذين يتمتعون بحس منطقي جيد في الماضي يرفضون هذه الفكرة، على رغم الحكايات القادمة من بلدان بعيدة عن أحجار هبطت من السماء.

تتسم الطرق القديمة للتفكير ببقاء طويل الأمد: فقبل ثلاثة قرون، عندما بدأ العلماء الأوروبيون يشكون في كون بعض الصخور الغريبة الموجودة على سطح الأرض قد هبطت بالفعل من السماء، كان عليهم تخطي الاعتقاد الراسخ للقرون الوسطى بأن النظام الكوني cosmos مكون من مادة خامسة، أو «جوهر» quintessence، تختلف كلية عن العناصر الأربعة التي تكوّن عالمنا وهي النار، والهواء، والتراب، والماء. وإذا كان الأمر كذلك، فمن الصعب أن نتوقع أن تكون المواد السماوية مكونة من صخور، أو من أمزجة mixtures من الصخور والمعادن، والتي تبدو شبيهة بالصخور الأرضية. وبالإضافة إلى ذلك، فكيف تسقط تلك الأحجار من السماء من دون أن نلاحظها؟.

كان إدموند هالي Halley هو أول من اقترح أصلا من خارج الأرض للأجسام التي نطلق عليها اسم الأحجار النيزكية. وعلى رغم أن هالي استمد شهرته من دراسته لمذنب يمر قريبا نسبيا من الأرض كل ٧٦ سنة، فقد قام بتحليل مشاهدات النيازك المعروفة باسم الشهب shooting stars، التي سجلها مراقبون مختلفون في مناطق متفرقة من إنجلترا. ومن هذه الملاحظات، أشارت حساباته إلى أن النيازك الساطعة، التي ترى في الوقت نفسه من مواقع تبعد عن بعضها عشرات الأميال، لابد من أن تكون سرعتها عدة أميال في الثانية. وبالنسبة إلى هالي، كانت هذه السرعات الهائلة تعني ضمنيا أن تلك الأجسام ربما تشكلت «بفعل ضرب من التجمع الاتفاقي للذرات» في مناطق خارج نطاق الأرض. وعلى رغم احترامهم لهالي، فإن قليلا من زملائه العلماء قد أخذوا فرضيته على محمل الجد حتى توافر دليل مباشر على صحتها بعد سنوات طويلة من وفاة هالي في العام ١٧٤٢.

في الرابع والعشرين من يوليو ١٧٩٠، شهد بضع مئات من الأشخاص وابلات مدهشة من الشهب على مقربة من بلدة آجن Agen في الجنوب الغربي لفرنسا. وبعد ذلك مباشرة، عثر على صخور غريبة الشكل في المناطق



المجاورة، ووُصفت في إحدى المجلات العلمية، والتي حكم محررها على التقارير المتعلقة بالصخور التي سقطت من السماء على أنها مجرد هراء مستحيل الحدوث. وفي السنة نفسها، ذكر القس أندرياس شتوتز Stütz، وهو عالم بالتاريخ الطبيعي، أنه: «في زماننا هذا، من غير المعقول أن نعتبر مثل هذه الحكايات الخرافية محتملة الحدوث». وعلى أي حال، فبعد أربع سنوات فقط، نشر إرنست كلاندي Chlandi، وهو فيزيائي معروف ومؤسس علم الصوت acoustics، تحليله لمئات من التقارير المتعلقة بالشهب والأحجار النيزكية، وأيد بقوة فرضية كون أصلها من خارج الأرض، وخصوصا تلك الأحجار النيزكية الغنية بالحديد. وعلى رغم أن كتابات كلاندي قد لاقت استحسانا مُرضيا، إلا أنها لم تقنع سوى أقلية بين الباحثين في أصل الأحجار النيزكية.

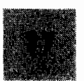
وبعد مضي أكثر من عقد من الزمن، وبالتحديد في الرابع عشر من ديسمبر ١٨٠٧، مر شهاب بالغ السطوع فوق نيو إنجلند الأمريكية، مصحوبا بسقوط أجسام بقرب مدينة وستون بولاية كونكتيكت، ليس ببعيد عن جامعة ييل Yale الشهيرة. وجمَّع أستاذ الكيمياء في جامعة ييل ـ بنيامين سيليمان Silliman، وأمين مكتبة الكلية ـ جيمس كينجزلي Kingsley، كتلا من المواد التي سقطت لتوها، والتي وصل وزن إحداها إلى وزن رجل بالغ تقريبا. وتذكر قصة قديمة مشكوك في صحتها [٤]، أن الرئيس توماس جيفرسون، وهو أحد أعظم أصدقاء العلم ممن شغلوا منصب الرئيس الأمريكي، حاول تطبيق قاعدة شرلوك هولمز من خلال تقرير أنه «من الأيسر أن تصدق أن اثنين من الأساتذة الأمريكيين[٥] يمكن أن يقدما على الكذب، عن أن تصدق أن ثمة أحجارا هبطت من السماء».

في أثناء الفترة التي تساقطت فيها الأحجار على بلدة وستون، كان هناك مراقبون حذقون يبعد أحدهم عن الآخر أميالا كثيرة، يقومون بتسجيل مسارات trajectories النيازك عند زوايا مختلفة فوق الأفق، وقد استخدموا القياس بعلم حساب المثلثات triangulation لإظهار أن أغلب النيازك تظهر على مسافة بضع عشرات من الأميال فوق الأرض. وعند تعزيز هذه الملاحظات باكتشافات فعلية لأحجار غريبة بعد مرور نيزك ساطع بصورة ملحوظة، أصبح استنتاج أن بعض الأجسام التي تشاهد على ارتفاع أميال عديدة قد مرت عبر الغلاف الجوي بكامله وصولا إلى سطح الأرض أكثر

قبولا للعقل. وقد وقع حدث حاسم قرب مدينة ليجل L'Aigle الفرنسية، في السادس والعشرين من أبريل ١٨٠٣، عندما ظهر نيزك ساطع وسط سماء صافية، محدثا انفجارات عنيفة ومخلفا وراءه آلافا من النيازك حديثة السقوط. ومع انتشار التقارير الموثوقة عن هذا الحدث في جميع أوساط المجتمع العلمي، بدت الأحجار النيزكية أكثر احتمالا لأن تكون أحجارا هابطة من السماء.

وفي الثالث عشر من نوفمبر ١٨٣٣، بلغ ما يطلق عليه الآن وابل ليونيد النيزكي Leonid meteor shower حجما مذهلا : فقد ذكرت تقارير المراقبين في شرق الولايات المتحدة رؤية كثير من النيازك كل دقيقة. وقد حفّز ذلك إجراء المزيد من الأبحاث، وسرعان ما أظهر علماء الفلك أن وابلات النيازك تتكرر بصورة سنوية، على الرغم من أن بعض السنوات تشهد وابلات أكثر إبهارا من غيرها بكثير.

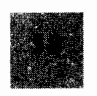
وبمجرد أن أقر العلماء أن الأحجار النيزكية هبطت من السماء، اتضح سبب تكرار حدوث الوابلات النيزكية سنويا. فالنيازك تنشأ لأن عددا كبيرا من الأجسام الصغيرة، التي يطلق عليها العلماء حاليا اسم النيازك السيارة meteoroids، تدور حول الشمس في مسارات خاصة بها، مؤدية لتكوين «أسراب» swarms من النيازك السيارة. وإذا اتفق أن التقى نيزك سيار بالأرض، فإن سرعته ستساوي نمطيا، بالنسبة إلى كوكبنا، أميالا كثيرة في الثانية. ويؤدي الارتطام العالي السرعة للنيزك السيار بطبقات الجو العليا إلى تسخينها بصورة هائلة: فالغازات لا تستطيع الابتعاد عن مسار النيزك السيار، ومن ثم تتجمع أمامه، منضغطة بفعل القوة الكابسة ram force لهذا الجسم. ويحدث التأثير نفسه عند عودة رواد الفضاء إلى الأرض على متن سفينة فضاء؛ وفي الحالين، يؤدي الضغط الكابس إلى تسخين الجسم أثناء اندفاعه عبر الغلاف الجوي. ويجب أن تصمم المركبات الفضائية بعناية لتقليل تأثير هذا التسخين إلى الحد الأدنى، حيث إنها تدلف إلى الغلاف الجوي بسرعات تبلغ بضعة أميال «فقط» في الثانية. أما النيازك السيارة، فهي تنتقل بسرعات أكبر من ذلك بكثير، وهي غير مزودة بأنظمة للتحكم، لذلك فهي تسخن لدرجة اللمعان. وعندها يمكننا رؤية النقطة الضوئية المتحركة، التي نطلق عليها اسم شهاب shooting star أو نيزك meteor، مع



تبخر النيزك السيار، إما جزئيا أو كليا. والشهب التي تشاهد في أي ليلة صافية بعيدا عن الأضواء الصناعية للمدينة عبارة عن أجسام لا تزيد حجما على حصاة pebble، ترى على ارتفاع بضع عشرات من الأميال، وهي من الحرارة بحيث ينتج عنها توهج وجيز، وهو آخر وميض في وجودها كله.

وتحتوي بعض الأسراب النيزكية على عدد كبير، على وجه الخصوص، من النيازك السيارة. وفي هذه الحالة، عندما تعبر الأرض مدار أحد هذه الأسراب مرة كل سنة، يمكننا أن نتوقع رؤية عدد كبير من النيازك. وفي الكثير من المرات كل سنة، تتاح لنا فرصة مشاهدة القليل من الليالي المملوءة بوابلات نيزكية خاصة، مثل الرُبَيعيَّات Quadrantids(٦)، والتي تبلغ أقصى مدى لها يوم ٣ يناير؛ والفرساوي Perseids(٧)، وتبلغ مداها يوم ١٢ أغسطس؛ والأسيدات Leonids(٨)، والتي تبلغ أقصى مداها حول السادس عشر من نوفمبر. وتشير أسماء هذه الأسراب إلى الأبراج السماوية التي يبدو أن هذه النيازك تشع منها، وهي تفاصيل تعتمد على الاتجاه الذي تتحرك فيه الأرض بالنسبة إلى سرب النيازك السيارة. وإذا اتفق أن تقاطعت الأرض مع أحد الأسراب عند نقطة غنية، بصفة خاصة، بالنيازك السيارة، فسيكون الوابل النيزكي الناتج شديدا بتميز، كما حدث مع الأسيد في عام ١٨٣٣.

إن شهابا ساطعا بصورة غير عادية - يمكنه أن يدفعك الى استنشاق الهواء بشدة ، وأن تسأل «ماذا كان ذلك؟»، وأن تغرس أصابعك في ذراع مرافقك - ينشأ من جسم ربما لا يزيد قطره على بوصة واحدة، يتبخر على ارتفاع ٣٠ إلى ٥٠ ميلا فوقك. وإذا كان حجم هذا الجسم مثل حبة الجريب فروت، فسيمكنه صنع «كرة نارية»، أي شهاب بالغ السطوع يخلف وراءه ذيلا trail لثوان قليلة؛ ويمكن لجسم بهذا الحجم أن يتحمل مروره عبر الغلاف الجوي، متحولا إلى حجر نيزكي عند ارتطامه بالسطح. أما إيصال ٢٠٠ رطل من المادة إلى الأرض، كما كانت الحال مع الحجر النيزكي الذي ضرب كونكتيكت عام ١٨٠٧، فيتطلب وجود جسم أولي ذي كتلة أكبر بكثير من الجزء المتبقي الذي يُعثر عليه على الأرض. وفي كل يوم، تضرب الأرض مئات الأطنان من حطام الأحجار النيزكية meteorite debris، كلها تقريبا في صورة جزيئات تزن أقل من أونصة واحدة. وهناك مجموعة ضئيلة من هذه الأحجار النيزكية تزن ربع باوند أو أكثر، وهي في حجم يسمح للمراقب المتمرس بأن يلاحظها.



ومع نهاية القرن التاسع عشر وبدايات القرن العشرين، استمر المراقبون ذوو العيون الثاقبة في اكتشاف الأحجار النيزكية. وتتكون بعض هذه الأحجار أساسا من الصخور التي لا تختلف بصورة ملحوظة عن الصخور الموجودة على الأرض، وبعضها يتكون من مزيج من الصخر والمعدن، بينما يتكون بعضها الآخر في الغالب من المعدن. وباعتبار أن المواد الغنية بالمعادن على سطح الأرض تلفت النظر أكثر مما تفعل الصخور ذات الحفر الغريبة، فقد ثبت أن اكتشاف الأحجار النيزكية الغنية بالمعادن أسهل بكثير من الأحجار النيزكية الصخرية. وفي عام ١٨٩٧، جلب الأدميرال روبرت بيري (٩) حجرا نيزكيا ضخما من جرينلاند إلى نيويورك، لا يزال معروضا في القبة السماوية planetariom في هايدن. ولوزنه الذي يبلغ ٣٦ طنا، فإنه يعتبر أكبر حجر نيزكي يجري نقله في التاريخ؛ ولا يزيد عليه في الحجم سوى حجر نيزكي واحد أضخم منه بعدة مرات، يقبع نصف مدفون في ناميبيا في المكان نفسه الذي سقط فيه. أما الأحجار النيزكية الصغيرة فليست نادرة، فالمجلات الفلكية المبسطة تمتلئ بإعلانات جامعي الأحجار المجتهدين، يعرضون فيها مثل هذه الأحجار للبيع مقابل أسعار معقولة. لكن ماذا عن الأحجار الأكبر حجما؟

ارتطام الأحجار النيزكية بالأرض

عندما يرتطم حجر نيزكي بالأرض بسرعة أميال عديدة في الثانية، فلابد من أن يكون التأثير الموضعي مدمرا، على الرغم من أن التأثير في العالم ككل يبقى غير ذي أثر. وحتى الحجر النيزكي الذي أدى إلى تكوّن الفوهة النيزكية الشهيرة Meteor Crater في ولاية أريزونا، والتي يصل قطرها إلى ميل كامل تقريبا، عندما ارتطم بالأرض منذ نحو ٥٠ ألف سنة، من المحتمل أنه لم يكن له تأثير في أسلافنا من إنسان النياندرتال الذين كانوا يعيشون فيما نطلق عليه الآن اسم الولايات الأخرى والبلدان الأجنبية. ومن المرجح أن حجم هذا الجسم لم يكن يزيد على حجم أحد أكواخ البنغل(١٠) «فقط» ولم يزد وزنه كثيرا على ٢٠ ألف طن؛ إذ إن أغلبه تشظى عند الاصطدام أو يقبع مدفونا تحت الفوهة البركانية التي أحدثها. وطوال الدهور السابقة على الأرض، من المحتمل أن أجساما مشابهة قد ارتطمت بكوكبنا على فترات يبعد بعضها عن بعض عشرات الآلاف من السنين. والآن، لنتخيل تأثير ارتطام حجر نيزكي

بحجم مدينة سان فرانسيسكو في الأرض. سيكون هذا «الحجر النيزكي»، في حقيقة الأمر، إما أحد الكويكبات (السيبرات asteroids) ـ وهي في الأساس مجرد أحجار نيزكية كبيرة ـ أو أحد المذنبات comets، وهي كرة ثلجية قذرة تتكون في معظمها من الجليد وثاني أكسيد الكربون المتجمد، تقل كثافتها عن كثافة الكويكبات ذات الحجم المماثل، لكنها قادرة على إحداث تلف هائل على الأرض. وعندما يرتطم بكوكبنا جسم يبلغ قطره عشرة أميال، فسيؤدي ذلك إلى زلزلة الأرض. وإذا اتفق أن ارتطم بأحد البحار، فسيؤدي الكويكب أو المذنب إلى فيضان أميال مكعبة من مياه المحيط خارج مسارها بسرعات تفوق سرعة الصوت، لذلك فسيكون تأثيره مشابها لما يحدث عند ارتطامه بإحدى القارات. وفي أي من الحالتين، سيحفر الجسم الصادم فتحة قطرها عشرة أميال في الغلاف الجوي- وفي المحيطات أيضا، إذا حدث الارتطام هناك. وخلال الدقائق التي سيستغرقها الغلاف الجوي أو المحيط لإعادة ملء المنطقة التي أدى الجسم المندفع إلى تفريغها، فإن كمية هائلة من الصخور الرملية grit، والتراب، وحتى الجزيئات الأكبر حجما، سترتفع عبر الفجوة، مندفعة بقوة من سطح الأرض بفعل قوة الارتطام. وبسبب حملها إلى ارتفاعات تبلغ عشرات أو مئات الأميال، فستؤدي الجسيمات الأكبر حجما إلى تغليف الأرض بحشود مضطربة من الحصيات الحارة اللامعة، والتي يمكنها أن تضرم النار في غابات الأرض في أثناء رجوعها إلى السطح. أما الجسيمات الصغيرة، وهي أخطرها على الإطلاق، فمن الممكن أن تنتشر في جميع أنحاء العالم، مغطية الغلاف الجوي بسخام أسود black soot، ولا تعود إلى سطح الأرض إلا ببطء، إذ تظل طافية لشهور أو لسنوات عديدة بسبب صغر حجم تلك الجسيمات، كما تفعل بقعة زيت زلقة فوق مياه المحيط. كذلك يمكن أن يؤدي السخام إلى إظلام الكوكب بكامله لفترة قد تطول حتى يتمكن الهواء من تنظيف نفسه تدريجيا. ويمكن لهذا الإظلام بدوره أن يؤدي إلى دمار شديد في حياة جميع الكائنات الحية، باستثناء تلك الكائنات القليلة التي تعيش في أعماق المحيطات أو التي تعيش في الشقوق الصخرية بعمق ميل كامل.

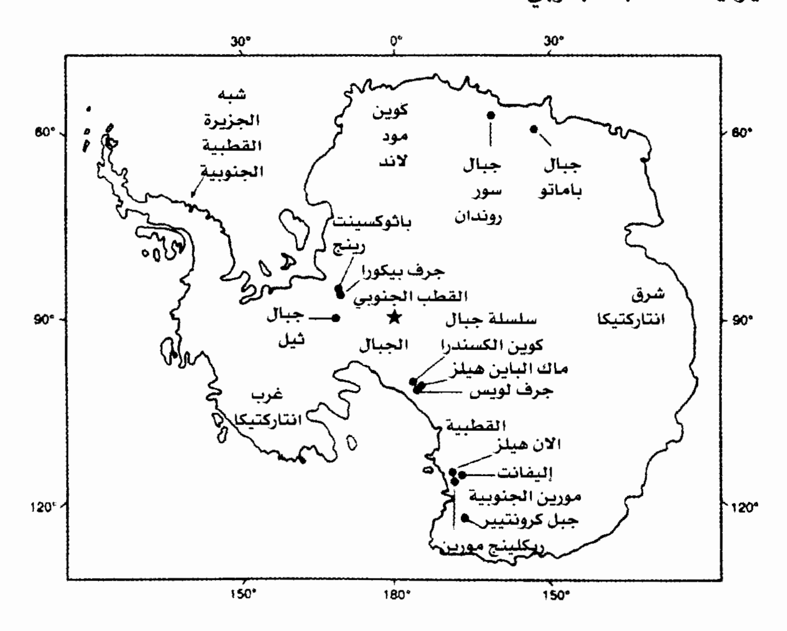
وفي وقت من الأوقات، كان هذا السيناريو يبدو مجرد نسج من الخيال، مصمم لإظهار ما يمكن أن يحدث، لو لم يكن الفضاء كبيرا بدرجة تمنع الأجسام السماوية من الارتطام بالأرض في الغالبية العظمى من الحالات. وعلى أي حال،

فخلال العقدين الأخيرين، ترسخت نظرية الارتطام impact theory على أنها تفسير لأشهر عمليات الانقراض التي تمت على وجه الأرض. فقبل ستة وخمسين مليون سنة، ارتطم كويكب يبلغ قطره عشرة أميال أو نحوها بما نسميه الآن شبه جزيرة يوكاتان في المكسيك. وتظهر السجلات الأحفورية fossil records أن هذه الحقبة قد تزامنت مع عملية انقراض جماعي، وهي فترة اختفى فيها جزء لا يستهان به من جميع الأنواع الحية على الأرض خلال بضع مئات الألوف من السنين، ومن المحتمل أن ذلك قد جرى بمعدلات أسرع من ذلك. وتشمل الكائنات الحية التي اختفت خلال فترة الانقراض الجماعي التي حدثت منذ ٦٥ مليون سنة، جميع أفراد نوع الديناصورات dinosaurs، التي احتلت قمة السلسلة الغذائية food chain لمدة تزيد على مائة مليون سنة، في حين كان أسلافنا من الثدييات الشبيهة بالذبابة [١١] يصطادون الحشرات واليرقات الدودية grubs. (ونظرا إلى أن الكثير من علماء البيولوجيا اليوم يعتبرون أن الطيور فرع من الديناصورات بقي على قيد الحياة، يمكننا أن نلاحظ أن عملية الانقراض الجماعي فتكت فقط بالديناصورات التقليدية).

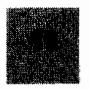
لم يتمكن علماء الباليوبيولوجيا[١٢] حتى الآن من تحديد ارتباط سببي بين الارتطام الهائل وفناء الديناصورات قبل ٦٥ مليون سنة. وعلى أي حال، فإن التطابق الزمني، مع الأدلة التي وجدت في جميع أنحاء العالم على أن الجسم الذي اصطدم بالأرض ثم أطلق بعضا من مادته إلى الغلاف الجوي، ومن هناك استقرت في الأرض مجددا، قد أقنع معظم الذين درسوا حالات الانقراض الجماعي، بأن هذا الانقراض نتج عن ارتطام هائل بكوكبنا. أما حالات الانقراض الجماعي الأخرى، التي حدثت على بعد ٣٠ مليون سنة تقريبا بعضها من بعض خلال بضع مئات الملايين الأخيرة من السنين، فقد تكون نتجت عن النوع نفسه من الارتطام - أو عن أسباب مختلفة تماما. وفي أي الأحوال، فإن انقراض الديناصورات يتحدث بفصاحة عما يمكن أن تفعله الأحجار الهابطة من السماء بالأرض، من آن إلى آخر بعيد. ولحسن الحظ، فإن الأحجار النيزكية الضخمة أكثر ندرة من تلك الصغيرة الحجم، كما أن الأجسام التي تبلغ حجما كبيرا لدرجة يمكن معها تسميتها بالكويكبات، هي أكثر ندرة منها. وإذا أردنا الحصول على عينة ضخمة من تلك الأحجار السماوية، فعلينا البحث عن أحجار نيزكية ذات أحجام متوسطة.

مناطق الصيد المواتية للأحجار النيزكية

تصنف الأحجار النيزكية بين أندر فئات الصخور على الأرض. ولأن تركيبها الكيميائي، تحديداً، يختلف بصورة ملحوظة عن التركيب الكيميائي لأغلب الصخور الموجودة على سطح الأرض، فإن الأحجار النيزكية أكثر عرضة للتجوية (١٣) والتعرية degradation نتيجة لتعرضها للظروف السائدة على كوكبنا. وهاتان الحقيقتان تجعلان من البحث عن الأحجار النيزكية عملية صعبة ومستهلكة للوقت، وهي عملية لا يمكن أن ينخرط فيها أحد كمهنة بدوام كامل. مكان واحد فقط على الأرض يخرق قاعدة الفطرة السليمة التي تمنعك من أن تترك أطفالك يكبرون ليصبحوا صيادين للأحجار النيزكية: القطب الجنوبي Antarctic.



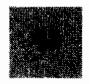
تظهر هذه الخريطة مواقع «حقول الأحجار النيزكية» الرئيسية في أنتاركتيكا. وتقع محطة مكموردو McMurdo Station، وهي المركز العلمي الرئيسي على تلك القارة، على شاطئ البحر، على مقربة من حقول الأحجار النيزكية الأربعة بتلال آلان هيلز Allan Hills، ومن ركام إليفانت الجليدي Elephant Moraine، وركام ريكلنج الجليدي Reckling Moraine (بالإذن من الجمعية النيزكية Meteoritical Society).



إن كتلة الأرض القطبية الجنوبية، التي تبلغ ضعفي مساحة الولايات المتحدة القارية الثماني والأربعين، تتكون بصورة أساسية من طبقة جليدية سمكها ميلان تغطي القارة الواقعة أسفلها. وبمصطلحات ترسيبية Percipitation، فإن معظم القارة القطبية الجنوبية عبارة عن صحراء. وباستثناء الشريط القريب من المحيط بقارة أنتاركتيكا، تتلقى القارة قدرا من الجليد سنويا أقل مما يهبط على العاصمة الأمريكية واشنطن. وعلى أي حال، فإن الجليد المتساقط يميل إلى أن يبقى. ودرجات الحرارة التي قد ترتفع قليلاً فوق مستوى التجمد في أكثر أيام الصيف دفئا في يناير، تهبط إلى ناقص ١٤٠ درجة فهرنهايت في الشتاء، مما يوفر تجميدا عميقا طبيعيا يمنع تجوية أي حجر نيزكي.

ومنطقة أنتاركتيكا هي المفضلة بالنسبة لمستكشفي الأحجار النيزكية، حيث تبرز الجبال العابرة للقطب الجنوبي من خلال الجليد، والتي تحتوي على قمم ومرتفعات معزولة تسمى «القمم المثلجية»(١٤) nunataks، والتي تستجمع الطبقة الثلجية أثناء انحدارها البطيء للأسفل باتجاه البحر. وبين القمم المثلجية والنهايات القريبة من البحر للطبقة الثلجية، وعلى ارتفاع ٦ آلاف قدم أو نحوها فوق سطح البحر، تقع مناطق من «الجليد الأزرق»، حيث تقوم الرياح القوية بصورة متواصلة بكنس الثلج عن الجليد. وتمثل بعض سهول الجليد الأزرق هذه مناطق مواتية لاصطياد الأحجار النيزكية، نظرا إلى أن الحركة البطيئة للطبقة الجليدية حول القمم المثلجية تنزع إلى تركيز الأحجار النيزكية حيزيا spatially. بالإضافة إلى المواقع العشرة أو نحوها من تلك الحقول القريبة من الجبال العابرة للقطب الجنوبي، يوجد حقلان آخران للجليد الأزرق في الجانب الآخر من القارة، في كوين مود لاند Queen Maud Land، حيث تقوم العوائق الطبوغرافية (١٥) الأخرى بتحويل اتجاه الجريان البطيء للجليد.

وخلال العقود الثلاثة المنصرمة، أنتجت حقول الجليد الأزرق أكثر من عشرة آلاف حجر نيزكي. ويحمل كل من هذه العينات حاليا رمزا تعريفيا مكونا من حرف واحد إلى أربعة حروف، يليه رقم يشير إلى سنة اكتشافه وترتيب التعرف على الحجر النيزكي في المختبر. على سبيل المثال، الحجر النيزكي رقم MAC 86002 هو ثاني حجر نيزكي يُعثر عليه عام ١٩٨٦ في



منطقة ماكالبين هيلز Macalpine Hills، والحجر النيزكي Y88141 هو الحجر النيزكي رقم ١٤١ لعام ١٩٨٨ والمكتشف في جبال ياماتو Yamato في كوين مود لاند، حيث اكتُشف أكثر من ستة آلاف حجر نيزكي. وهناك ما يقرب من ألفي حجر نيزكي تحمل الرمز التعريفي ALH عُثر عليها في موقع غني على مقربة من رعن (spur) في سلسلة الجبال العابرة للقطب الجنوبي والمسماة آلان هيلز. ويتكون هذا الموقع من أربع مناطق فرعية - الحقل الجليدي الرئيسي، والغربي الأدنى، والغربي الأوسط، والغربي الأقصى. وقد ركزت البعثات الاستكشافية الأولى في منطقة آلان هيلز، ما بين عامي ١٩٧٦ و١٩٧٨، على الحقل الجليدي الرئيسي بمنطقة آلان هيلز، وفي السنوات اللاحقة، توسعت هذه الجهود لتشمل الحقول الجليدية الثلاثة الأخرى. وفي عام ١٩٨١، اكتشف الحجر النيزكي في الحقل الجليدي الغربي الأوسط بمنطقة آلان هيلز، وهو أول حجر نيزكي حُدد أنه هبط من القمر. وبعد ثلاثة مواسم، ظهر الكنز الأكبر في حقل جليدي آخر على مقربة من آلان هيلز.

كيف عثرت روبي سكور على الحجر المريخي القديم؟

عُثر على الحجر النيزكي ALH 84001، وهو الحجر الذي هز العالم، في الحقل الجليدي الغربي الأقصى بمنطقة آلان هيلز، على بعد نحو مائة ميل من محطة مكموردو، وهي المركز العلمي الرئيسي على القارة القطبية. وفي اليوم الذي تحقق فيه هذا الاكتشاف، كانت روبرتا سكور Score عضوا في فريق مكون من سبعة أفراد ينقبون عن الأحجار النيزكية. ومثلهم مثل متسلقي الجبال، تعتبر هذه الفرق أن مكتشفاتها ما هي إلا نتيجة للجهد الجماعي، إلا أن الشهرة لها قواعدها الخاصة، فنسب الفضل إلى المرأة الوحيدة من بين أعضاء الفريق.

وبالإضافة إلى ذلك، فقد استحقت روبرتا «روبي» سكور، الفرصة لتحقيق الشهرة من خلال السنوات التي قضتها في دراسة الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية : فقد ظلت تعمل مع هذه الأحجار في مركز جونسون للفضاء منذ عام ١٩٧٨. ولدت سكور وترعرعت في مدينة ديترويت، واكتفت من ولاية ميتشيجان بعد قضاء سنتها الجامعية الأولى في جامعة ولاية ميتشيجان؛ فتركت الجامعة وانتقلت إلى مدينة لوس أنجلوس. وتتذكر تلك الأيام بقولها :

«عملت لفترة كمساعدة في عيادة لطب الأسنان، ثم عدت إلى الدراسة في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس UCLA لكي أصبح طبيبة أسنان». ولتجاوز أحد المقررات المتطلبة للتخرج، انخرطت سكور في مقرر لعلم الجيولوجيا geology، وسرعان ما غيرت أهدافها المهنية لتتخصص في الجيولوجيا. وتقول: «عند تخرجي، حصلت على وظيفة في مركز الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية بمدينة هيوستون - وبقيت هناك لمدة ستة عشر عاما». وفي خريف عام ١٩٩٦، انتقلت سكور إلى وظيفة جديدة: مراقب مركز الأبحاث الرئيسي في القارة القطبية الجنوبية، وهو مختبر كراري Crary Laboratory، نسبة إلى العالم ألبرت كراري، وهو أول إنسان يزور كلا من القطب الجنوبي والقطب الشمالي. ويعد مختبر كراري مفخرة محطة مكموردو، التي يزيد عدد سكانها على الألف خلال موسم الصيف في القطب الجنوبي (من نوفمبر إلى فبراير). وتقرر ذلك بقولها: «يتعرف عليّ الناس كشخص شهير من وطنهم الأم. ويحب العاملون معي إحراجي بإعلانهم لأي إنسان يستمع إليهم بأنني الرقم واحد».



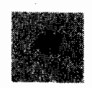
في خريف ١٩٨٤، انطلقت روبرتا سكور في أولى رحلاتها إلى «الجليد»، عندما عثرت على الكتلة الصخرية المسماة ALH 84001 (المصور: باري ستافر).

من الواضح أن التوقيت الذي اختارته سكور لبدء مهنتها كصيادة للأحجار النيزكية كان توقيتا ممتازا، فقد عثر العلماء اليابانيون على أول حجر نيزكي في أنتاركتيكا عام ١٩٦٩، لكن أولى الحملات الواسعة النطاق في القطب الجنوبي لم تبدأ سوى عام ١٩٧٦ بمجهود أمريكي- ياباني مشترك. واستغرق البرنامج ثلاث سنوات، حيث قام الباحثون بتقسيم مكتشفاتهم (اسميا بالنسبة إلى الأحجار النيزكية الكبيرة، وواحدة بواحدة بالنسبة لتلك الأصغر حجما) لإجراء الأبحاث عليها في مختبراتهم الأم. ولما كان مركز جونسون للفضاء قد طوّر وسائل متقنة لتحليل الصخور التي جُلبت من القمر، فقد اعتبر هو المركز المنطقي لجهود الولايات المتحدة لدراسة الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية، والتي انفصلت تماما عن الجهود اليابانية منذ العام ١٩٧٨. وتعلق على ذلك سكور بقولها: «لقد عملت في مركز جونسون للفضاء منذ البداية، مما أضفى على مختبر (الأحجار النيزكية) سمات شخصيتي».

في خريف العام ١٩٨٤، والذي كان يمثل فصل الربيع في أنتاركتيكا، انطلقت روبرتا سكور في أولى رحلاتها إلى «الجليد»، وهو الاسم الذي يطلقه العاملون في القطب الجنوبي على قارة أنتاركتيكا لأسباب تبدو واضحة تماما حتى بالنسبة للزائر العابر. وفي أوائل ديسمبر، قامت طائرات الهليكوبتر بنقل فريق صيادي الأحجار النيزكية جوا، مع كامل أطعمتهم ومعداتهم (بما فيها عربة ثلجية snowmobile لكل من أعضاء الفريق السبعة)، إلى منطقة آلان هيلز، حيث كانوا يقيمون خيامهم على الجليد كل ليلة لمدة سبعة أسابيع- ولا يعني هذا أن المساء يحل في شهري ديسمبر أو يناير في هذه الأصقاع. وتتذكر سكور ذلك بقولها: «بحلول السابع والعشرين من ديسمبر، كنا قد عثرنا على نحو ١٠٠ حجر نيزكي. كنا ننقب في الحقل الجليدي الغربي الأقصى، وهي منطقة يبلغ طولها نحو ٣٠ ميلا وعرضها خمسة أميال، وتبعد نحو ٤٥ ميلا للغرب من الحقل الجليدي الرئيسي لمنطقة آلان هيلز. عندما بدأنا العمل في ذلك اليوم، كان الجو باردا وعاصفا، لكن الرياح هدأت فيما بعد وأصبح الجو أكثر دفئا. كنا نتبع أسلوبنا المعتاد في البحث ـ راكبين عرباتنا الجليدية بحيث يبعد كل منا عن الآخر ٣٠ مترا ـ عندما رأينا «قمما جليدية» ice pinnacles، يعتقد أنها تنتج عن الجليد البطيء الحركة والرياح العاتية، وأخيرا وجدنا بعض المناظر في هذا الفضاء المسطح. كان

ارتفاع بعض هذه القمم يبلغ ١٥ قدما. وهذا يعني وجود شقوق جليدية عميقة crevasses، لذلك فقد كان هناك أيضا حس بالخطر. وبعد ذلك، في أثناء عودتنا إلى عملنا، فوجئت بهذه الصخرة أمامي. فقمت بعمل مانفعله دائما: ترجلت عن عربة الجليد وأشرت بذراعي للفت انتباه زملائي. وفي نهاية الأمر، حضر الجميع إليّ. قمنا بوضع علم على الجليد لتحديد الموقع، وأخرجنا الأكياس النظيفة الخاصة والتي جلبناها من مركز الفضاء. عليك أن تبذل قصارى جهدك لتجنب تلويث الصخور. كان لهذه الصخرة مظهر أخضر خاص؛ والتقطتها بلف كيس حولها، ثم قلبت الصخرة داخل الكيس، ثم أغلقت الكيس بشريط لاصق، وكتبت رقما ميدانيا على الشريط اللاصق، ثم وضعتها في الصندوق».

ومن بين الأحجار النيزكية الثلاثمائة، أو نحوها، التي جُمعت خلال الرحلة، تتذكر سكور الحجر الأخضر على وجه الخصوص. ثم شحنت المجموعة، التي عُبئت في صناديق جليدية، في رحلة إلى الشمال من محطة مكموردو بوساطة سفينة نهاية الموسم، التي تمثلت حمولتها الرئيسية في المخلفات المتراكمة لهذه السنة من النفايات والأنقاض، التي تعاد إلى الولايات المتحدة لاستخدامها في عمليات التدوير recycling. ومن ميناء بورت هيونيم Port Hueneme بولاية كاليفورنيا، حيث رست السفينة، نقلت الصخور - محفوظة في الثلج الجاف - بالطائرة إلى مدينة هيوستون. وهناك، وضعها خبراء الأحجار النيزكية داخل حجرة مليئة بالنتروجين لتجفيفها، ثم تصويرها، وتصنيف كل منها إلى النوع الذي يندرج تحته، وإعطائها أرقاما مختبرية، ثم إزالة رقاقة صغيرة من كل حجر نيزكي، أرسلت إلى مركز هارفارد - سميثونيان للفيزياء الفلكية (١٦) في مدينة كامبردج بولاية ماساتشوستس. وقد دهشت سكور حين علمت أن حجرها النيزكي «الأخضر» كان لونه في الواقع رماديا باهتا، فقد كان «لونه» ناتجا فيما يبدو عن الضوء القطبي الجنوبي وعن النظارات الداكنة التي كانت ترتديها. تقول سكور: «ظللت أردد: انتظروا حتى تروا تلك الصخرة!»، وعندئذ، نظر الجميع إليها وقالوا بسخرية: «نعم، نعم». وعلى الرغم من ذلك، فنظرا إلى أن وظيفتها تتطلب أن تقوم هي بوضع الأرقام المختبرية للصخور، فقد أعطت سكور هذه الصخرة شرف المركز الأول: ALH 84001، أي أول حجر نيزكي يُسجَّل من



نتائج الجهد الكشفي لعامي ١٩٨٤-١٩٨٥. ولا يزيد وزن هذا الحجر على أربعة باوندات، ويماثل في الحجم حبة بطاطس صغيرة، وتزيد كثافته على كثافة الماء بثلاثة أضعاف، مع قشرة خارجية قاتمة تظهر التعديلات الناجمة عن مروره عبر الغلاف الجوي بسرعة هائلة. كان مقدرا لاكتشاف سكور هذا أن يصبح الأشهر من بين جميع الصخور التي سقطت على الأرض.

كيف اكتسبت الصخرة شهرتها بعد أن ظلت طي النسيان لعشر سنوات؟

بعد تخزينه بأمان في خزانة مملوءة بالنتروجين في مركز جونسون للفضاء، صُنِّف الحجر النيزكي ALH 84001 مبدئيا على أساس رقاقة chip وحيدة جرى تحليلها تحت مجهر معملي، على أنه من الديوجنيت diogenite، وهو نوع شائع نسبيا من الأحجار النيزكية، يعتقد أنه قُذف إلى الفضاء بين الكواكب من الكويكب الكبير المسمى فستا Vesta بفعل ارتطامه بأجسام أصغر حجما. واستغرق الأمر حتى عام ١٩٩٣، أي بعد تسع سنوات من اكتشافه، قبل أن يقع الحجر النيزكي ALH 84001 تحت العين الفاحصة لديفيد «داك» ميتلفيلد Mittlefehldt، وهو جيولوجي يتبوأ منصبَ كبيرِ علماء شركة لوكهيد مارتن للهندسة والعلوم في مدينة هيوستون، والتي كانت مرتبطة بعقد لتزويد مركز جونسون للفضاء بالدعم التقني والعلمي.

يتذكر ميتلفيلد ذلك بقوله: « كنت مهتما بمقارنة أنواع مختلفة من الأحجار النيزكية، لذلك فقط ألقيت نظرة فاحصة على شريحة رقيقة من الحجر النيزكي ALH 84001 . أما ما لفت نظري فهو أن هذا الحجر كان يحتوي على كميات معتبرة من أكاسيد الحديد ثلاثية التكافؤ trivalent (وهي مركبات الحديد ـ الأكسجين التي تتشارك فيها كل من ذرات الحديد في ثلاثة إلكترونات مع الذرات المجاورة لها). وينزع الديوجنيت إلى أن يحتوي على الحديد المؤكسد في صيغة ثنائية التكافؤ divalent (أي تتشارك مع جيرانها في ذرتين فقط). حصلت على رقيقة أخرى، ونظرت إلى الكبريتيدات (السلفيدات) sulfides (وهي المركبات التي يكونها الكبريت مع الذرات الأخرى). كانت كبريتيدات الحديد عبارة عن كبريتيدات ثنائية disulfides (ذرتا كبريت لكل ذرة حديد)، بدلا من كونها كبريتيدات أحادية monosulfides (ذرة كبريت واحدة لكل ذرة حديد). وهنا التمعت الفكرة في رأسي».

وباعتباره خبيرا في الأحجار النيزكية، فقد تعرف ميتلفيلد على الحجر المريخي من خلال صورته الكلية [١٧]. وفي هذه الأثناء، كان قد جرى التعرف على أحد عشر حجرا نيزكيا مريخيا؛ وبالتالي فالحجر النيزكي ALH 84001 يحمل الرقم ١٢. أما الحلقة المفقودة فكانت العثور على بصمات تحسم التعرف عليه. يقول ميتلفيلد: «بعد أن اكتشفت كبريتيدات الحديد الثنائية، عثرت على الكربونات (وهي مركبات من الأكسجين والكربون، مع الكالسيوم أو الحديد أو الماغنسيوم). وعندها أخبرت مارلين ليندستروم Lindstrom، وهي أمينة محفوظات الأحجار النيزكية، بأنني على ثقة بأن هذا الحجر من المريخ. أثارها الخبر، لكنها قالت إن علينا الحصول على تحليل بالنظائر isotope analysis لكي نتأكد من الأمر. فأرسلنا عينة إلى روبرت كلايتون Clayton في جامعة شيكاغو لإجراء عدّ لنظائر الأكسجين فيه. وقد حصل على نتائج مطابقة لتلك التي حصل عليها من الأحجار النيزكية المريخية الأخرى».

وهكذا وصل الحجر النيزكي ALH 84001 إلى القائمة القصيرة جدا للصخور المعروف أنها سقطت من المريخ. تقول روبرتا سكور: «كنت في غاية الحماس، فقد كنت دائما على يقين بأن هذا الحجر غريب».

تأريخ الصخور المريخية: بصمات النظائر

من بين عشرات الألوف من الأحجار النيزكية التي جُمعت من سطح الأرض، أثبت الخبراء حاليا أن عشرة منها هبطت من القمر، و١٢ من المريخ. وقد تطلب إصدار هذا التقرير سنوات من الجهد الدؤوب للعثور على، وتحديد، البصمات الكونية التي تحدِّد أصول هذه القلة القليلة من جميع الأحجار النيزكية، كما تزودنا بأعمارها.

وتقبع هذه البصمة في تفاصيل الأنواع المختلفة للأنوية الذرية الموجودة في الأحجار النيزكية. فكل ذرة تتكون من إلكترونات تدور حول نواة مركزية مكونة من بروتونات ونيوترونات. ويحدد عدد البروتونات نوع الذرة (ستة بالنسبة إلى الكربون، وسبعة للنتروجين، وثمانية للأكسجين، وهكذا)، بينما يعيّن عدد النيوترونات ذلك النظير المحدد لهذه الذرة. وعلى سبيل المثال، فجميع ذرات الكربون تحتوي على ستة بروتونات في كل نواة، لكن نظائر

الكربون تختلف في عدد النيوترونات التي تحتوي عليها كل نواة، والتي قد تكون ستة، أو سبعة، أو ثمانية. ويتعرف العلماء على كل من النظائر بإضافة عدد النيوترونات إلى عدد البروتونات، وبالتالي تكون النظائر الثلاثة للكربون هي الكربون ـ ١٢، والكربون ـ ١٣ والكربون ـ ١٤.

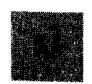
وتظهر جميع نظائر نوع معين من الذرات السلوك الكيميائي نفسه: فهي تتفاعل بطريقة متماثلة مع الذرات الأخرى، نظرا لأن جميعها تمتلك عدد البروتونات والإلكترونات نفسه، وذلك ما يحدد خصائصها الكيميائية. وفقط على المستوى النووي nuclear level للتفاعلات، عندما تصطدم النواة بأخرى، يُحدث عدد النيوترونات، وبالتالي نوع النظير، فرقا مؤثرا. ولا تحدث التفاعلات النووية إلا في ظروف من العنف الشديد، والتي تتضمن نمطيا درجات هائلة من الحرارة، وفيها تؤدي التصادمات عالية الطاقة high-energy collisions إلى تجريد كل نواة من سحابة الإلكترونات المحيطة بها. وقد نشأت جميع الأنواع المختلفة للأنوية ـ أي جميع نظائر كل نوع محدد من الذرات ـ عبر تصادمات عنيفة، إما في بدايات نشأة الكون، أو في النجوم، أو في الانفجارات النجمية، أو ـ كما رأينا ـ في الفضاء بين الكواكب والفضاء بين النجوم، عندما ترتطم الجسيمات عالية الطاقة المسماة بالأشعة الكونية، بالتراب والصخور.

بعض هذه النظائر ثابت، حيث يمكنها البقاء دون تغير لبلايين السنين. ومن غير المستغرب أن هذه النظائر سائدة في الكون. أما بعضها الآخر فغير مستقر، ويتعرض للتحلل الإشعاعي : فهي تتغير إلى أنواع أخرى من الأنوية، بمقاييس زمنية تتراوح بين جزء من الثانية وبلايين السنين، اعتمادا على نوع النظير غير المستقر. وللكربون، على سبيل المثال، نوعان من النظائر الثابتة، وهما الكربون ـ ١٢ والكربون ـ ١٣. أما النظير الثالث، وهو الكربون ـ ١٤، فهو غير مستقر : وهذه الأنوية «مشعة» radioactive، وتتحلل مكونة أنوية النتروجين ـ ١٤.

وعلى رغم أن التحلل الإشعاعي لأي نواة منفردة لا يمكن التنبؤ به بدقة، فإن نتائج هذه التحللات بين أعداد كبيرة من الأنوية يمكن وصفها إحصائيا وبدقة. ونحن نعلم، على سبيل المثال، أن أنوية الكربون ـ ١٤ تتحلل بعمر نصفي Half-life يبلغ ٥٧٥٠ سنة. ويشير العمر النصفي إلى الفترة الزمنية

التي يحتاج إليها نصف عدد الأنوية من أي مجموعة كبيرة منها للتحلل. وبعد مرور اثنين من الأعمار النصفية، لن يتبقى سوى ربع العدد الأصلي من الأنوية غير المستقرة: وبعد مضي ثلاثة أعمار نصفية، لن يتبقى سوى الثمن، وهكذا. وفي نهاية الأمر، ستتحلل الغالبية العظمى من «الأنوية الوالدة» parent nuclei غير المستقرة، منتجة «أنوية ابنة» daughter nuclei، وتزودنا نسبة النظائر الوالدة إلى الابنة بمجموعة من الدوارات whorls في البصمة الكونية لنسب النظائر. وإذا كان بوسعنا تحديد الأعداد الأصلية للأنوية الوالدة والابنة في جسم ما، وتمكنا من قياس أعدادها الحالية، فسيمكننا حساب كم مضى من الأعمار النصفية منذ تكوّن هذا الجسم. ويتيح تحلل أنوية الكربون ـ ١٤ ذات العمر النصفي البالغ ٥٧٥٠ سنة، للعلماء إجراء عمليات «التأريخ الكربوني» Carbon dating، والتي يستخدمونها لتحديد أعمار الأخشاب والأنسجة القديمة. وعلى سبيل المثال، فقد استخدمت هذه الطريقة في تحديد أن كَفَن تورينو الشهير يرجع إلى القرن الثالث عشر الميلادي ـ وهي ضربة لأولئك الذين يتخيلون أن هذا هو الكفن الذي دفن به السيد المسيح.

ولكل عنصر (أي جميع الذرات التي لها عدد محدد من البروتونات والإلكترونات) مجموعته الخاصة من النظائر، والتي يكون بعضها ثابتا والبعض الآخر غير مستقر. ويعمل الكربون ـ ١٤ بصورة جيدة في تحديد الأعمار التي تقاس بآلاف السنين، ولكن بالنسبة للفترات الزمنية الأكبر من ذلك بكثير، سيكون قد انقضى عدد كبير من الأعمار النصفية إلى درجة ألا تبقى هناك تقريبا أي كمية من الكربون ـ ١٤ يمكن اكتشافها. ولتطبيق تقنية التحلل الإشعاعي على الفترات الزمنية الأطول، علينا اللجوء إلى النظائر غير المستقرة ذات الأعمار النصفية الأطول بكثير. ومن بين أفضل النظائر المستخدمة في التأريخ الطويل الأمد، نجد البوتاسيوم ـ ٤٠، وهي ذرة غير مستقرة تتحلل إلى الأرجون ـ ٤٠ [١٨]، ويبلغ عمرها النصفي ١,٢٨ بليون سنة. لنفترض أن صخرة تكونت من مادة بركانية أدت حرارتها لطرد جميع محتواها من الأرجون، وهو غاز خامل يمكنه الارتشاح عن طريق تكوين فقاقيع تتطاير من الصخرة الذائبة. وفي هذه الحالة، فإن الفترة الزمنية التي تبرد فيها الصخرة لدرجة كافية لكي تصبح صخرة فعلا، ستمثل آخر مرة كانت لدى الصخرة فيها نظائر والدة (من البوتاسيوم ـ ٤٠)، ولكن من دون



نظائر ابنة (الأرجون-٤٠). وبعد ذلك، ومن خلال قياس الكميات النسبية للأنوية الوالدة والابنة، يمكننا تحديد العمر الذي انقضى منذ تصلبت الصخرة solidified. ويشير وجود كميات متساوية من الأنوية الوالدة والابنة إلى عمر مقداره ١,٢٨ بليون سنة، بينما يشير وجود عدد من الأنوية الابنة يزيد بثلاثة أضعاف على الأنوية الوالدة، إلى عمر يساوي ضعف هذا العمر، أي ٢,٥٦ بليون سنة.

وفي حالة الحجر النيزكي ALH 84001، أشار استخدام التقنية المعتمدة على مقارنة كميات البوتاسيوم - ٤٠ والأرجون - ٤٠، إلى عمر يقدر بنحو ٤ بلايين سنة. ولا يمثل هذا، ظاهريا، الوقت الذي تكونت فيه الصخرة، ولكن الوقت الذي تسبب فيه اصطدام ما بصهر جزء منها على الأقل. ويمكننا التوصل إلى هذا الاستنتاج لأن تقنية أخرى للتأريخ قد حددت لنا العمر الأصلي للصخرة على أنه ٤,٥ بلايين سنة. وقد حُدد هذا العمر على عينة من الحجر النيزكي ALH 84001 بوساطة الجيولوجي إميل ياجوتز Jagoutz وزملائه في معهد ماكس بلانك للكيمياء في مدينة ماينز الألمانية، والذين أجروا مقارنة بين كميات الروبيديوم - ٨٧ (rubidium-87)، وهو النظير الوالد، والسترونشيوم - ٨٧ (strontium-87)، وهو النظير الابن الذي يتحلل إليه الوالد بعمر نصفي قدره ٤٧ بليون سنة. ويتمثل أكثر التفسيرات عقلانية لهذين التاريخين في أن الصخرة تصلبت لأول مرة قبل ٤,٥ بلايين سنة، لكن جزءا منها انصهر بعد نصف بليون سنة، مطلقا جميع محتواها من الأرجون - ٤٠، مما أدى إلى إعادة ضبط resetting الساعة التأريخية التي يزودنا بها تحلل البوتاسيوم - ٤٠.

وتتراوح أعمار جميع الأحجار النيزكية الأحد عشر التي حُدد مصدرها من قبل على أنه المريخ، ما بين ١٧٠ مليون سنة و١,٣ بليون سنة. وبالتالي، فإن الحجر النيزكي ALH 84001 أقدم بثلاثة أضعاف على الأقل من أقدم الصخور المريخية الأخرى عمرا. وباعتبار أن الحركات التكتونية للقشرة الأرضية قد طمرت جميع الصخور الأرضية التي يزيد عمرها على ٣,٨ بلايين سنة، ونظرا إلى أن عمر أقدم الصخور القمرية يصل إلى ٤,٢ مليارات سنة، يظل الحجر النيزكي ALH 84001 أقدم حجر حصلنا عليه حتى الآن من كوكب أو من أي قمر كوكبي planetary satellite. وعلى

أي حال، فالأحجار النيزكية ـ التي تعد من بين أوائل الأجسام التي جمعّت نفسها أثناء تكوّن المجموعة الشمسية ـ لها أعمار مقاربة لعمر تلك الصخرة المريخية القديمة. وقد يشير هذا إلى أن الحجر النيزكي ALH 84001 قد صُنِّف خطأ بصورة ما، وأنه ينتمي في الحقيقة إلى صنف من الأحجار النيزكية القديمة، لكنها عادية فيما عدا ذلك، لم تر سطح المريخ على الإطلاق، لكن تحديد أصل الحجر النيزكي ALH 84001 على أنه من المريخ يبدو مؤكدا.

كيف نتعرف على الأحجار المريخية؟

مثلها في ذلك مثل طرق تحديد العمر، فإن تقنية تحديد الموطن الأصلي لبعض الصخور الغريبة التي تُكتشف على الأرض، تعتمد على قياس كميات النظائر المختلفة. وفي هذه الحالة، فإن البصمات الكونية التي تميّز صخرة ما وتمكننا من التعرف على المكان الذي أتت منه، تقبع في أعداد النظائر الثابتة، وليس النظائر التي تتعرض للتحلل الإشعاعي. ولجميع العناصر تقريبا نظيران ثابتان على الأقل، مثل الكربون ـ ١٢ والكربون ـ ١٣. والنظيران الثابتان للنتروجين هما النتروجين ـ ١٤ والنتروجين ـ ١٥؛ وبالنسبة للأكسجين، هناك الأكسجين ـ ١٦، والأكسجين-١٧، والأكسجين ـ ١٨؛ وبالنسبة للنيون، نجد النيون ـ ٢٠، والنيون ـ ٢١، والنيون ـ ٢٢. وتتباين نسب أعداد النظائر الخاصة بعنصر معين من مكان لآخر في الكون، على الرغم من أن هذه التباينات ليست هائلة. ويجد علماء الفلك الذين يقيسون كميات النظائر في النجوم، أن أغلب النجوم تظهر نسبا مشابهة لتلك الموجودة في الشمس، برغم أن النجوم غير العادية كثيرا ما تمتلك واحدا أو أكثر من العناصر التي تظهر نظائرها بنسب غير مألوفة.

وفي مجموعتنا الشمسية، فإن اثنين من الكواكب الداخلية الأربعة للشمس، وهما الأرض والمريخ، يمتلكان أغلفة جوية مكونة من غازات جرى قياس نسب نظائرها. وفي كلتا الحالتين، فإن مجموعة واحدة من النسب تميِّز الكوكب بكامله، نظرا لأن الغلاف الجوي ينتشر في جميع أرجاء الكوكب كملاءة من الغازات الممزوجة جيدا. ويتكون الغلاف الجوي للمريخ في معظمه من ثاني أكسيد الكربون، مع كميات ضئيلة من النتروجين،

وبخار الماء، وأول أكسيد الكربون، وغازات أخرى مثل الأرجون، والكريبتون krypton، والزينون xenon. وقد هبطت المركبتان الفضائيتان من طراز فايكنج على المريخ في العام ١٩٩٦، وأرسلتا إلى الأرض قوائم تفصيلية بكميات هذه العناصر والوفرة النسبية لنظائرها المختلفة. ونحن نعلم، على سبيل المثال، أن نسبة النتروجين ـ ١٥ إلى النتروجين ـ ١٤ لها قيمة أعلى في المريخ منها على الأرض، كما قمنا بقياس نسب النظائر لنحو ١٢ عنصرا آخر على المريخ.

وتُظهر الأحجار النيزكية التي يجري التعرف على أنها مريخية، نسبا للنظائر تختلف عن مثيلاتها على الأرض، لكنها متطابقة مع النسب الموجودة على المريخ. وأحد هذه الأحجار النيزكية، المسمى EETA 79001، والذي عثر عليه في حوض تكساس في موقع إليفانت مورين على بعد بضع عشرات الأميال من آلان هيلز، يحتوي بالفعل على مشتملات زجاجية glassy inclusions تغلف أجزاء صغيرة من الغلاف الجوي للمريخ ـ كما جرى التحقق منه بوساطة نسب النظائر الموجودة داخل هذا الغاز. وقد قال ديفيد مكاي عن هذا الحجر النيزكي أنه «ضرب من حجر رشيد[١٩] المريخي»، نظرا إلى أنه يزودنا بدليل قاطع على أصله المريخي. ويمكن، إذن، الحكم على الأحجار النيزكية القريبة الشبه بحجر رشيد النيزكي، على أنها مريخية بالمثل. ويكمن هذا الشبه بالحجر النيزكي EETA 79001 في نسب النظائر الموجودة داخل الحجر النيزكي: فجميعها تشتمل على كميات من المواد الموجودة في الغلاف الجوي للمريخ، تكفي لتزويدنا بالبصمة النظائرية isotopic fingerprint التي تقول إن هذا القفاز على مقاس صاحبه؛ أي أن الصخرة كانت تنتمي إلى المريخ في يوم من الأيام.

في عام ١٩٧٦، كان تحليل تركيب الغلاف الجوي للمريخ الذي جرى بوساطة أجهزة مركبتي الفايكنج الفضائيتين، هو مسؤولية توبياس أوين Owen، الذي يعمل حاليا في جامعة هاواي. يقول أوين: «من بين أفضل قياساتنا، كان تحديد أن أحد نظائر الزينون، الناتج عن تحلل اليود المشع، أكثر بمرتين ونصف في المريخ عنه في الأرض. إن اكتشاف نمط الوفرة النظائرية نفسه isotope abundance على المريخ في تلك الكميات الضئيلة من

الزينون المحتبسة في هذه الأحجار النيزكية، ينم بكل تأكيد عن أصولها المريخية. والوفرة النسبية للغازات الخاملة الأخرى في الأحجار النيزكية تدعم هذا الاستنتاج، باعتبار أنها مختلفة عن النمط الموجود في الغلاف الجوي لكوكب الأرض، أو الزهرة، أو في أي حجر نيزكي آخر، لكنها متطابقة مع تلك الموجودة على المريخ».

حتى المياه الموجودة في الأحجار النيزكية المريخية غير أرضية unearthly: فكل جرام من الماء يحتوي على كمية من الديوتيريوم deuterium، وهو النظير الثقيل والنادر للهيدروجين، تبلغ خمسة أضعاف مثيله في الماء الذي نشربه على الأرض. وهذه الوفرة العالية للديوتيريوم تتطابق تماما مع تلك القيم التي اكتشفها أوين وزملاؤه في بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي للمريخ، من خلال التحليل الطيفي spectroscopic analysis في مرصد ماونا كيا Mauna Kea في هاواي. وقد أتى دليل إضافي على الأصل المريخي لهذه الأحجار النيزكية من دراسة ذرات الأكسجين الملتصقة بالمعادن السليكاتية المحتواة داخلها. وعندما قام روبرت كلايتون Clayton، وهو خبير بالنيازك meteoriticist من جامعة شيكاغو، بقياس نسبة ذرات الأكسجين ـ ١٨ إلى ذرات الأكسجين ـ ١٦ في الحجر النيزكي ALH 84001، ووجد قيمة مختلفة عن تلك الموجودة في الغلاف الجوي للأرض، لكنها متطابقة مع القيمة المريخية، تلاشت كل الشكوك المتعلقة بالموطن الأصلي لهذه الصخرة.

وقد جرى التعرف على الأحجار النيزكية القمرية العشرة، باستخدام تقنية مقارنة النسب النظائرية نفسها، وهو ما يعني في هذه الحالة وضع النسب الموجودة في الأحجار النيزكية بجوار مثيلاتها في الصخور التي جلبت من القمر إلى الأرض. وأدت الفروق الصغيرة ولكن المعتدة significant بين النسب النظائرية القمرية والأرضية، إلى إقناع الخبراء بأن جزءا على الأقل من القمر لم يكن ينتمي إلى الأرض على الإطلاق. وتتخيل النظرية المفضلة حاليا لأصل القمر، حدوث اصطدام هائل، قبل ٤,٥ بلايين سنة، بين جسم بحجم كوكب المريخ وبين الأرض أثناء تكونها. وأدى هذا الاصطدام إلى فيضان المواد من الأرض إلى الفضاء القريب، حيث اختلطت مع مادة الجسم الصادم، بالإضافة إلى مواد لم تكن قد التحمت بعد بأي جسم أكبر حجما، وبذلك تكون قمرنا.

ويشير النيزكيون meteoricists (وهو اسم ملتو لأولئك الذين يقومون بتحليل الأحجار النيزكية) إلى الصخور المريخية على أنها «الأحجار النيزكية SNC»، حيث تعني SNC الحروف الثلاثة الأولى من شيرجوتي Shergotty، ونخلة Nakhla، وشاسيجني Chassigny، وهي ثلاثة أماكن عثر فيها على تلك الصخور. وقد عثر على ستة من بين الأحجار النيزكية SNC البالغ عددها ١٢، في قارة أنتاركتيكا؛ أما الستة الباقية، بما فيها الأحجار النيزكية S وN وC، فقد سقطت على أراضي قارات أخرى. ويبلغ وزن خمسة من بين الاثني عشر باوندا واحدا أو أقل؛ وتزن خمسة أحجار أخرى ما بين أربعة وثمانية عشر باوندا، أما الحجران الباقيان، وهما زاجامي Zagami ونخلة، فهما أكبر حجما بكثير، حيث يحتويان على ٤٠ و٩٠ باوندا من المادة على الترتيب. أما أضخم الأحجار النيزكية SNC فهو الحجر النيزكي نخلة، الذي سقط على بلدة مصرية تحمل الاسم نفسه يوم ٢٨ يونيو ١٩١١، مما أدى إلى وفاة كلب. (في عام ١٩٥٤، أصيبت امرأة من ولاية ألاباما الأمريكية بحجر نيزكي يزن ثمانية باوندات، اخترق سقف بيتها وأصاب ساقها؛ لكن تلك كانت صخرة من النوع الذي نجده في الحدائق، وليس حجرا نيزكيا من المريخ). وتتكون جميع الأحجار النيزكية SNC من أنواع من الصخور المألوفة لدى الجيولوجيين، وهي نمطيا أحجار البازلت المتكونة بفعل التدفق البركاني. وتؤكد النسب الفريدة للنظائر الموجودة بداخلها أنها صخور مريخية.

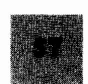
الحصول على جزء من الصخرة لجنة الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية

لمن تعود ملكية الصخور المريخية؟ ومن الذي يوزع العينات المأخوذة منها على الباحثين في جميع أنحاء العالم والذين يسعون لسبر أغوار هذه الأحجار النيزكية؟ إن الإجابة عن السؤال الأول قد تستلزم توظيفا طويل الأمد لفرق من المحامين، وسيتذكر كل منهم الحالة الأولى التي درسوها في مقررات كليات الحقوق عن الملكية الحقيقية real property، وهي قضية الثعلب المتنازع عليه. ففي عام ١٨٠٥، حكمت المحكمة العليا بمدينة نيويورك في القضية المرفوعة من قبل رياضي يدعى بوست Post، والذي «أطلق» ثعلبا لتقوم كلابه بمطاردته، ضد المدعو بيرسون Pierson، وهو رياضي آخر قام باصطياده،

وقضت المحكمة بأن الملكية المتعلقة بالحيوانات البرية «تكتسب بوضع اليد occupancy (وهو ما يمكن أن نطلق عليه الآن اسم الحيازة possession) فقط»، وبالتالي فليس للسيد بوست أي حقوق قانونية في الثعلب. وبناء على هذه القاعدة الراسخة من السابقة القانونية، وبمناظرة الحيوانات البرية بالأحجار النيزكية غير المصقولة والملقاة على الجليد، فسيحاول المحامون إثبات أن الحجر النيزكي ALH 84001 يخص روبرتا سكور، أو أن ملكيته تعود إلى فريقها المكون من سبعة من مستكشفي الأحجار النيزكية.

وكحالة خاصة، فإن جميع الأحجار النيزكية التي يعثر عليها برنامج الولايات المتحدة للأحجار النيزكية القطبية الجنوبية، تخضع لسيطرة لجنة مكونة من عشرة أفراد تسمى مجموعة العمل الخاصة بالأحجار النيزكية، يمثل أعضاؤها وكالة «ناسا»، والمؤسسة الوطنية للعلوم (NSF)، ومؤسسة سميثونيان (٢٠)، والعديد من الجامعات. وقد سُميت مؤسسة سميثونيان على أنها القيِّم الوطني national curator لجميع الأحجار النيزكية التي تنتهي إلى الملكية الفيدرالية أو التي يُعثر العثور عليها بتمويل فيدرالي، كما تلقت المؤسسة الوطنية للعلوم تعليمات من الكونجرس لتمويل ومراقبة جميع الأبحاث العلمية للولايات المتحدة والواقعة ضمن ٣٠ درجة من القطب الجنوبي. وتترأس أورسولا مارفين Marvin، وهي جيولوجية من مرصد سميثونيان للفيزياء الفلكية (جزء من مركز هارفارد للفيزياء الفلكية في مدينة كامبردج بولاية ماساتشوستس)، حاليا لجنة الأحجار النيزكية التي تجتمع مرتين سنويا لتوزيع عينات الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية. ومن الناحية التقنية، تقتصر مهمة اللجنة على إسداء النصح لمعهد سميثونيان والمؤسسة الوطنية للعلوم، لكن توصياتها كانت دائما محل التنفيذ.

تخزَّن الأحجار النيزكية ذاتها في مركز جونسون للفضاء، باستثناء قطع صغيرة قُطعت منها في صورة رقاقات، توجد في - وتعود ملكيتها إلى - معهد سميثونيان (على الأقل بصورة ما). كانت العينة، التي تزن سبع أونصات من الحجر النيزكي ALH 84001، التي عرضتها وكالة «ناسا» في المؤتمر الصحافي الذي عقد في السابع من أغسطس، هي الجزء المملوك لمعهد سميثونيان من الصخرة. كان جرى توزيع سبع أونصات أخرى من الصخرة بالفعل على الباحثين، بما فيها ذلك الجزء الذي قام بتحليله ديفيد مكاي



وزملاؤه. وذكر تقرير لأورسولا مارفين أنه عندما اجتمعت اللجنة في عطلة نهاية الأسبوع الأخيرة من شهر سبتمبر ١٩٩٦، وتناقشت بخصوص الجزء المتبقي من الحجر النيزكي ALH 84001، والبالغ وزنه ٥٣ أونصة من أصل ٦٧ أونصة، قالت: «أصدرنا قرارا رسميا بتعليق توزيع أي عينات أخرى». وعن طريق حظر المزيد من توزيع العينات، توقعت لجنة الأحجار النيزكية أن كلا من وكالة «ناسا» والمؤسسة الوطنية للعلوم ستدعو العلماء لتقديم طلباتهم بهذا الخصوص، ومن ثم تطلب من اللجنة مراجعة هذه الطلبات، كما ستوفر بعض التمويل الحكومي للمتقدمين الفائزين، الذين يفترض أن توافق اللجنة على منحهم قطعا من الصخرة المريخية العتيقة.

وتعلق مارفين على ذلك بقولها: «نحن لا نوزع كل شيء أبدا»، بمعنى أن اللجنة تستيقن دائما من بقاء أجزاء من جميع الأحجار النيزكية متاحة لإجراء المزيد من الدراسات عليها. وتتوقع مارفين أن المؤسسة الوطنية للعلوم ووكالة «ناسا» ستشجعان أيضا إجراء المزيد من الأبحاث على الأحجار النيزكية المريخية الأخرى، وعلى الأحجار النيزكية القديمة المكونة من الكربونات - الكوندريت، وكذلك على أقدم الصخور الأرضية. وستساعد المقارنة ضمن، وبين، هذه المجموعات من الصخور على وضع أخبار الحجر النيزكي المريخي ALH 84001 في إطارها الصحيح. لكن ما هذه الأخبار أصلا؟ في محاولة لكشف هذا الموضوع، علينا أن نعود إلى قاعة محكمة العلم، وأن نطلب من أعضاء كل من فريقي المحامين أن يبذلوا قصارى جهدهم لمصلحة، وضد، الحياة القديمة على المريخ.



3 الأدلة الموجودة في الصخرة

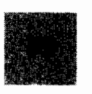
رأينا أن خبراء الأحجار النيزكية يتفقون على أنه يمكننا أن نشعر ببعض الثقة في معرفتنا بتاريخ الحجر النيزكي ALH 84001، التي تتضمن أصله البركاني volcanic على المريخ قبل ٤,٥ بلايين سنة، وبقاءه الطويل الذي يقارب المدة نفسها تحت السطح المريخي، ولفظه المفاجئ إلى الفضاء قبل ١٥ مليون سنة، وارتطامه بالأرض قبل أن تكتشفه روبرتا سكور في العام ١٩٨٤ بنحو ثلاثة عشر ألف سنة. وعندما ننظر إلى داخل هذه الصخرة، ندلف إلى منطقة يتجادل حولها العلماء بشدة، ليس حول جميع الأدلة ذات الصلة، ولكن حول تلك البنود التي تشير إلى وجود حياة قديمة محتملة. وللحصول على الفائدة الكاملة من هؤلاء الخبراء، علينا أن نستعد لسماع شهادتهم والاستمتاع بمناظراتهم، التي تظهر نقاط القوة والضعف في استنتاجاتهم والدليل الذي تستند إليه تفسيراتهم.

«هل تود النظر إلى حجر نيزكي مثير؟»

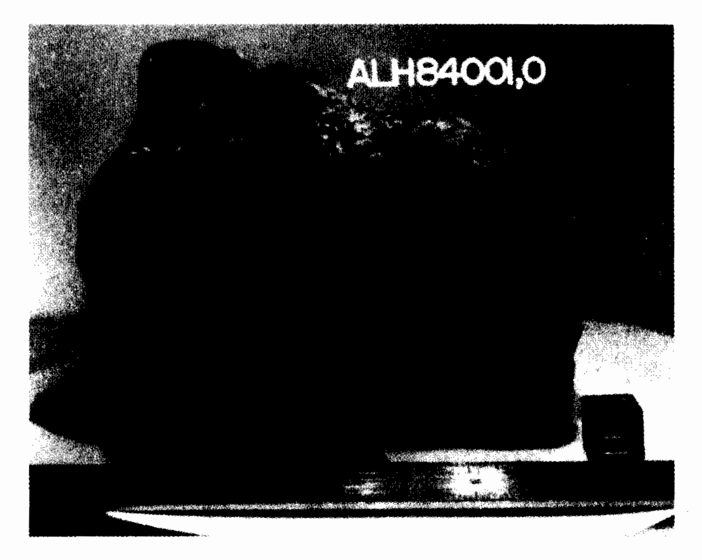
ديفيد ميتلفيلد

كربونات الحجر المريخي ALH 84001

لم يندهش أحد لاكتشاف أن الحجر النيزكي ALH 84001 يتكون في معظمه من السليكات silicates، وهي مركبات من الكربون والأكسجين

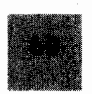


تشكل المكون الرئيسي للصخور الموجودة على الأرض. إن أنواع السليكات المسماة بالأورثوبيروكسينات orthopyroxenes، التي تشكّل غالبية أقدم صخرة كوكبية اكتشفت حتى الآن، قريبة الشبه بتركيب الكثير من السليكات الموجودة على الأرض، سواء الحديثة أو القديمة منها. وفي العام ١٩٩٣، كان الأمر الذي اعتبره ديفيد ميتلفيلد مثيرا للدهشة في دراسته لعينة من الحجر النيزكي ALH 84001، هو حقيقة كون هذه الصخرة البركانية غنية أكثر بمركبات الكربون، وخصوصا الكربونات.



من أجل دراسة الحجر النيزكي المريخي ALH 84001، شق العلماء الصخرة بمنشار من الألماس للحصول على عينات تحلل بدقة. ويبلغ طول جوانب المكعب الصغير الموجود في الجانب السفلي الأيمن من الصورة سنتيمترا واحدا (صورة وكالة «ناسا»).

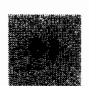
والكربونات هي ترسبات معدنية mineral deposits مكونة من ذرات الكربون والأكسجين المرتبطة بعضها ببعض بوساطة ذرات الكالسيوم (كما هي الحال بالنسبة إلى أغلب الكربونات الموجودة على الأرض) أو بوساطة ذرات الماغنسيوم، أو الحديد، أو المنجنيز أو غيرها من العناصر. عندما أجرى ميتلفيلد تحليلا دقيقا لعينة من الحجر النيزكي ALH 84001 في مختبره بمركز جونسون للفضاء،



شاهد كريات globules صغيرة من الكربونات متناثرة في جميع أجزاء الصخرة السليكاتية. ويبلغ قطر أكبر هذه الكريات جزءا واحدا من مائة جزء من البوصة، بينما يبلغ قطر أصغرها بضعة أجزاء من الألف من البوصة. ومثله مثل جميع العلماء، لا يقيس ميتلفيلد المسافات الصغيرة بالبوصات، ولكن بالميكرونات microns (جزء من مليون من المتر) والنانومترات nanometers (جزء من بليون من المتر). ولا يزيد طول البوصة على ٢٥ ألف ميكرون، يحتوي كل منها على ألف نانومتر. إذا شققت شعرة، فسيبلغ عرض الجدائل strands الرقيقة نحو ٥٠ ميكرونا، وبالتالي فإن النانومتر الواحد يساوي ١/٥٠ ألفا من قطر شعرة رقيقة. إن تحليل الحجر النيزكي المريخي وكل الضجة التي نتجت عنه، معني بالتفاصيل التي تظهر عند مستوى حجم الميكرون والنانومتر.

على الأرض، تتكون الكربونات في الغالبية العظمى من الحالات في وجود الماء، وكثيرا ما تكون مرتبطة بقيعان beds الحفريات في صخور الحجر الجيري limestone (الغنية بالكربونات) التي تكونت بفعل التراكم البطيء لأصداف أعداد لا تحصى من الأحياء البحرية الضئيلة الحجم. وعلى الرغم من أن الكربونات قد تنتج عن عمليات غير بيولوجية، فإن الكربونات التي تنتجها الكائنات الحية أكثر شيوعا بكثير، مثل صخور الحجر الجيري التي تكوِّن الجروف cliffs البيضاء القريبة من مدينة دوفر الإنجليزية. وعند فحص كريات الكربونات في الحجر النيزكي ALH 84001، رأى ميتلفيلد أن بعضها ذات أشكال كروية، بينما كانت الأخرى مفلطحة إلى درجة تشبه معها الأقراص discs تقريبا. وعلى أي حال، فما أدهشه أكثر من أي شيء آخر، هو أن ١٪ تقريبا من كتلة الحجر النيزكي ALH 84001 مكونة من الكربونات، وهي كمية كبيرة بدرجة غير معتادة. ما الذي تفعله هذه الكربونات في صخرة قديمة مكونة من مادة بركانية؟

طلب ميتلفيلد نصيحة كريس رومانيك Romanek، وهو خبير في العمليات الكيميائية التي تكوّن وتغيّر الكربونات، والذي كان بدوره موظفا لدى شركة لوكهيد مارتن يعمل تحت مظلة العقد المبرم بين الشركة ومركز جونسون للفضاء. يتذكر رومانيك ذلك بقوله «عبر ذَك الردهة إلى مختبري في إحدى الليالي وسألني: أتريد النظر إلى حجر نيزكي مثير؟ وأراني الكربونات، وبعدها شاركت في مؤتمر علمي فسر فيه العلماء المشتغلون بالكربونات الأرضية كيفية استخدامهم للأحماض في إزالة بعض المواد لإتاحة الفرصة لدراسة المواد

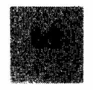


المتبقية بقدر أكبر من التفصيل. ولذلك اقترحت أن نجري بعض عمليات الإزالة هذه، وشاهدنا البنية الداخلية للكربونات، ثم أخذنا صور نتائج عملنا - التي كانت تبدو بالنسبة إلي غريبة جدا - إلى إيفريت جيبسون Gibson، وهو جيولوجي في مركز جونسون للفضاء. قال جيبسون إن علينا النظر إلى الكربونات بقدر أكبر من التفصيل. على الجانب الآخر من الردهة، كان ديفيد مكاي McKay مسؤول مختبر الاستجهار[1]. أراه جيبسون الصور، وكوّن هو ومكاي فريقا بحثيا للعمل بجد أكبر على الصخور النيزكية».

في عام ١٩٩٤، كتب رومانيك، وميتلفيلد، وجيبسون وجيولوجيون آخرون، مقالة للمجلة العلمية البريطانية «نيتشر» (الطبيعة Nature)، وهي المقابل لمجلة «ساينس» (العلم Science) في الولايات المتحدة. يقول رومانيك «استنتجنا أن كريات الكربونات قد تكوّنت عند درجات حرارة تتراوح بين صفر و٨٠ درجة مئوية». ونظرا إلى أن درجتي ٠ و١٠٠ مئوية تساويان درجتي تجمد وغليان الماء، فإن تشكُّل الكربونات بين درجتي صفر و٨٠ مئوية يعني احتمال وجود مياه سائلة في ذلك الوقت. وباعتبار أن أغلب الكربونات الأرضية قد تكونت تحت سطح الماء، مع أو من دون وجود الكائنات الحية، فإن درجات الحرارة التي حددها رومانيك وزملاؤه تشير بقوة إلى وجود مياه سائلة على المريخ في وقت تكوّن كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001. لكن حقيقة أن أقدم الصخور المريخية لدينا كانت تحتوي على دليل على وجود مياه سائلة عند تكوّن كريات الكربونات، لم تثر اهتمام أحد أكثر من ديفيد مكاي.

ديفيد مكاي وكريات الكربونات

إن ديفيد مكاي، الذي أصبح قائد الفريق الذي درس الحجر النيزكي ALH 84001، ونشر المقالة في مجلة «ساينس»، خبير في الجيولوجيا والكيمياء الجيولوجية geochemistry ولد عام ١٩٣٦ في تيتوسفيل بولاية بنسلفانيا، وهي منطقة مشهورة جيولوجيا لكونها قدمت الطبقات strata المحتوية على النفط، والتي أتاحت لأولى آبار النفط في أمريكا أن تبدأ إنتاجها قبل قرن ونصف القرن من الزمن. عندما كان مكاي في العاشرة من عمره، انتقل والده الذي كان يعمل لدى شركة كيواني Kewanee للنفط مع أسرته من بنسلفانيا إلى المناطق الواعدة الغنية بالنفط بولاية أوكلاهوما. ولكونه مهتما بالفعل بأن يصبح جيولوجيا لدى

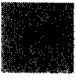


التحاقه بالمدرسة الثانوية، التحق مكاي بجامعة رايس Rice، ثم حصل على ماجستير في الكيمياء الجيولوجية من جامعة كاليفورنيا في بيركلي، ثم عمل في شركة إكسون[٢] لمدة سنة، وهي خبرة حفزته على العودة إلى جامعة رايس للحصول على درجة الدكتوراه في الجيولوجيا، مع التركيز على الكيمياء الجيولوجية. وفي عام ١٩٦٤، عندما كان في بيركلي كزميل بعد الدكتوراه postdoctoral fellow للمؤسسة الوطنية للعلوم، تلقى مكاي عرضا للعمل في مركز «ناسا» للطيران الفضائي البشري[٣] بمدينة هيوستون، وهو اسم تحوّل في النهاية إلى مركز جونسون للفضاء. عاد مكاي إلى هيوستون في أثناء استعداد وكالة «ناسا» للاستكشاف البشري للقمر، وأكمل الآن ثلاثة عقود من العمل هناك.

ما بين شهري يوليو ١٩٦٩ وديسمبر ١٩٧٢، قامت ست بعثات لسفن الفضاء أبوللو (الأرقام ١١ إلى ١٧، باستثناء المركبة أبوللو ١٣ التي أدى حظها العاثر إلى انتهاء مهمتها بمأساة)[٤] بجلب عينات من القمر إلى الأرض، كما فعلت ثلاث مركبات فضائية من دون رواد فضاء unmanned أرسلها الاتحاد السوفييتي. وانتهت معظم العينات التي حُصّلت من برنامج أبوللو الفضائي، في مدينة هيوستون، حيث أتيحت لمكاي - الذي درّب رواد الفضاء على كيفية التعرف على القطع الصخرية المثيرة للاهتمام - فرصة الوصول إلى أوائل الصخور القادمة من عالم آخر. يتذكر مكاي ذلك بقوله «كانت تلك أوقاتا مثيرة، فقد كانت هناك الكثير من التكهنات بخصوص طبيعة التربة [القمرية]». ويشمل ذلك التبصر



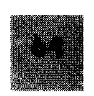
ديفيد مكاي، الجيولوجي الذي قاد فريق العلماء الذين درسوا الحجر النيزكي ALH 84001، والذي عمل لمدة ثلاثة عقود في مركز جونسون للفضاء (المصور: دونالد جولد سميث).



فيما إن كان هناك احتمال لوجود كائنات حية في الصخور والتربة المجلوبة من القمر، على رغم حقيقة أن القمر يتلقى أشعة فوق بنفسجية كثيفة من الشمس، كما يفتقر إلى كل من الغلاف الجوي ولأي نوع من المياه، ولا يظهر أي شيء قد يشبه تلك التغيرات التي قد تحدثها الحياة على سطح أحد الأجسام. وعلى الرغم من أن احتمالية وجود حياة على القمر كانت تبدو بعيدة تماما، وعلى رغم أن أي نمط لهذه الحياة من المرجح أنه لن يبقى على قيد الحياة على الأرض، فقد كانت لدى العلماء مخاوف مفهومة تماما من أن أي فرصة مهما كانت متناهية الصغر للحياة على القمر قد تؤذي كوكبنا. ولحسن الحظ، فقد فحصت الصخور المجلوبة من القمر في جميع أنحاء العالم من دون إطلاق أي أوبئة plagues قمرية إلى البشرية الغافلة.

خلال عقد السبعينيات من القرن العشرين، انتهت بعثات أبوللو، لكن تحليل العينات القمرية استمر. أدت دراسات مكاي المتعمقة إلى جعله واحدا من الخبراء العالميين في خصائص سطح القمر، وخصوصا فيما يتعلق بالجسيمات المسماة بالأجلوتينات agglutinates. يقول مكاي «إنها جسيمات غير عادية، تكوّن غالبية بعض أجزاء التربة القمرية، التي تكونت بفعل الاصطدام بنيازك دقيقة(٥). لقد درست الأجلوتينات حتى مللت منها».

عندما علم مكاي بأن ميتلفيلد أظهر الأصل المريخي للحجر النيزكي ALH 84001، قال «أنشأت جمعية صغيرة في إدارتنا لدراسته بتعمق أكثر، وعندما فحصت العينات الصغيرة [وهي شرائح صخرية قُطعت بمناشير من الألماس، رقيقة إلى درجة أن الضوء يمر عبرها ويكشف محتوياتها]، جذبت انتباهي كريات الكربونات، التي بدت غير عادية. أردت أن أفهم كيف تكونت هذه الكريات. كان الحجر النيزكي ينزع إلى التفتت قليلا عند قطعه. ومن المحتمل أنه يتفتت بطول شبكة الكسور الناتجة عن الصدمات shock fractures التي نراها بداخله. في الواقع، هذه ليست بصخرة رخوة، وعلى الرغم من ذلك؛ فالمعادن صلبة للغاية. نحن نعتقد أن غالبية الكربونات قد تكونت داخل بعض هذه الكسور». جهّز مكاي وزملاؤه معداتهم لسبر داخل كريات الكربونات، على أمل تحديد بنيتها وتركيبها. كانوا بطبيعة الحال على علم بأن الصخرة المريخية القديمة قد تحتوي على حفريات أو أي دلائل أخرى على وجود حياة. يقول مكاي «كنا إيفريت جيبسون وأنا مهتمين بالبحث عن علامات دالة على نشاط بيولوجي قديم، لذلك فقد اتفقنا على العمل معا كفريق».



البيضيات الموجودة على حواف كريات الكربونات

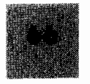
خلال صيف وخريف العام ١٩٩٤، قسم مكاي وجيبسون وغيرهما من الباحثين في مركز جونسون للفضاء العينة الخاصة بهم من الحجر النيزكي ALH 84001 لفحصها، أولا بالمجاهر التقليدية وبعدها بالمجاهر الإلكترونية(٦) الأكثر قوة. ويتطلب الفحص الدقيق لكرية من الكربونات استخدام أقوى المجاهر الإلكترونية، التي «ترى» التفاصيل الدقيقة بوساطة حزم شعاعية من الإلكترونات. وتعمل المجاهر الإلكترونية عن طريق إطلاق حزم beams من الإلكترونات على العينة، ثم ملاحظة ما يحدث عند انعكاس الإلكترونات عن، أو مرورها خلال الهدف. وتعمل المجاهر الإلكترونية الماسحة(٧) SEMs بارتداد الإلكترونات عن السطح، بينما تقذف المجاهر الإلكترونية المروقية(٨) TEMs الإلكترونات عبر عينة رقيقة السُمك. ومن تفاصيل ارتدادات الإلكترونات (في المجاهر الإلكترونية الماسحة)، وانحراف الإلكترونات المختَرِقَة عن الخطوط المستقيمة (في المجاهر الإلكترونية المروقية)، يمكن لفنيي التنظير المجهري microscopists تركيب صورة للهدف. وتظهر هذه الصور بنية العينة بدقة تفصيلية لا يمكن مطلقا الحصول عليها من الموجات الضوئية، مهما بلغت درجة دقة النظام البصري الذي يمكن للمرء بناؤه.

يقول كريس رومانيك «عندما قررنا أن ننظر بصورة أساسية إلى البنى الكربوناتية، تطلب الأمر إحضار كاثي توماس ـ كيبرتا، وهي خبيرة في استخدام المجاهر الإلكترونية الماسحة والنفقية tunneling. وبوساطة هذه الخبرة، اكتشفنا تراكيب إضافية مثيرة للاهتمام». ومن أجل فحص رقائق صغيرة من الحجر النيزكي ALH 84001، استخدمت توماس ـ كيبرتا وغيرها من الباحثين في مركز جونسون للفضاء أقوى المجاهر الإلكترونية الماسحة المتوافرة على الإطلاق، والقادرة على رؤية تفاصيل لا يزيد حجمها على نانومترات قليلة، أي أقل من جزء من عشرة آلاف من عرض الشعرة. وعند هذا المستوى من الأحجام، أصبح الحجر النيزكي المريخي أكثر إثارة للاهتمام. واكتشف باحثو مركز جونسون للفضاء أن أغلب كريات الكربونات ذات لون برتقالي. بينما كانت حواف rims الكريات ذات لونين: أبيض وأسود تقريبا، مع وجود الحواف السوداء على جانبي المناطق البيضاء، مثل كعكة الأوريو (٩). والكربونات الموجودة في الأجزاء السوداء من الحواف غنية بالحديد، بينما تتكون المناطق البيضاء من كربونات غنية

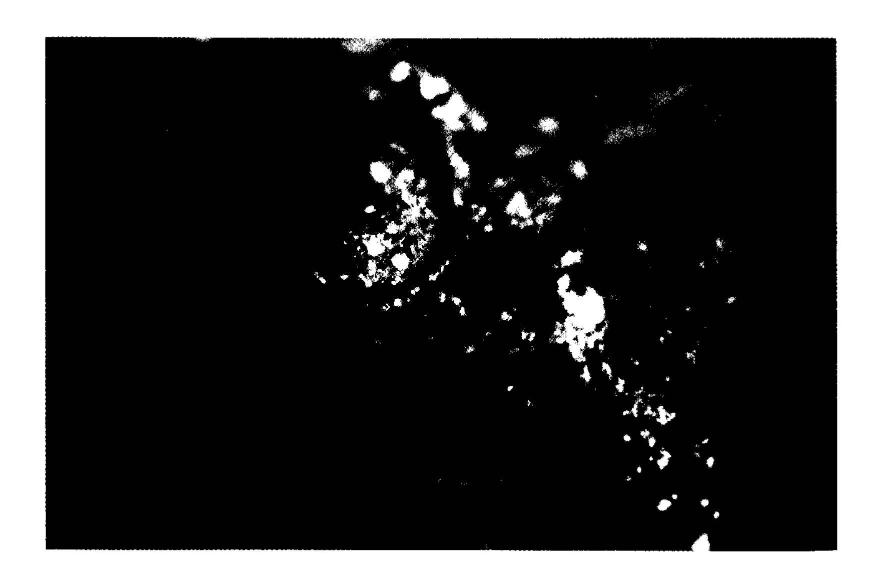
بالماغنسيوم. وعند أطراف الحواف الخارجية للكريات، أظهرت صور المجاهر الإلكترونية الماسحة عددا كبيرا من البنى النحيلة elongated، التي أطلق الباحثون عليها اسم «البيضيات» ovoids، والتي يتراوح طولها نمطيا بين ٢٠ و٢٠٠ نانومتر، وعرضها بين ٥ و١٠ نانومترات.



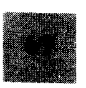
هذه «الجروف» cliffs التي قطعت بالمنشار الذي استخدم في تقطيع العينات من الحجر النيزكي ALH 84001، لها ارتفاعات تقاس بعشرات الميكرونات. وقرب مركز هذه الصورة مباشرة فوق «الرف» shelf الساطع من المادة، يوجد جسم يبلغ طوله بضع مئات النانومترات، وهو أحد الأجسام التي لفت شكلها البيضوي انتباه الجيولوجيين الذين فحصوا شرائح رقيقة من الحجر النيزكي المريخي (صورة وكالة «ناسا»).



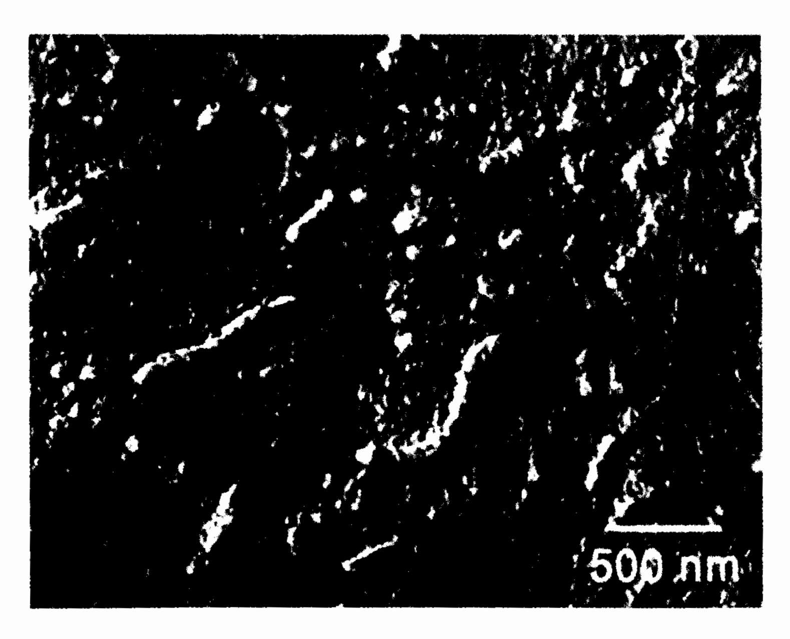
بالنسبة إلى باحثي مركز جونسون للفضاء، كانت أشكال البيضيات تشبه أشكال الحفريات المجهرية microfossils، وهي البقايا الأحفورية لبكتيريا من الصغر بحيث يقاس حجمها بالميكرونات. لكن البيضيات الموجودة على حواف كريات الكربونات أصغر حتى من هذا الحجم، بل وأصغر، في الواقع، من أي كائنات حية أو حفريات مجهرية معروفة لنا على الأرض. هل يعني هذا أن البيضيات كانت أصغر من أن يمكنها البقاء على قيد الحياة؟ لا أحد يعلم الإجابة على وجه التحديد. إذا كانت الكائنات الحية بحجم البيضيات، فيمكننا التحدث بصورة منطقية عن الحفريات النانوية (الفائقة الصغر) nanofossils، وهي حفريات تبلغ من الصغر حدا يجعل أحجامها تقاس بمئات النانومترات أو أقل.



في جميع أجزاء الحجر النيزكي ALH 84001، هناك كريات من الكربونات يتراوح قطرها بين ١٠٠ و٢٠٠ ميكرون، مثل تلك التي تبدو في هذه الصورة، داخل هذه الكريات لون برتقالي، وتوجد خارجها مناطق بيضاء تحيط بها حواف سوداء. وبعض الحواف الخارجية لكريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001، غنية بأشكال بيضوية يتراوح طولها نمطيا بين ٥٠ و١٠٠ نانومتر، وعرضها بين ١٠و٢٠ نانومترا (صورة وكالة «ناسا»).



وبطبيعة الحال، فإن حقيقة أن أشكال البيضيات تشبه أشكال الحفريات المجهرية الأرضية، لا تثبت أن البيضيات ما هي إلا حفريات. وقد عمل مكاي، وجيبسون، وتوماس-كيبرتا بجد لإثبات أن هذه الأجسام الضئيلة الحجم ذات الأشكال الإهليلجية elliptical الشبيهة بالحبال ropelike لم تنتج عن التلوث، لكنها بالفعل تنتمي إلى كريات الكربونات. وقد نجحوا في هذا بصورة مؤكدة تقريبا، تاركين السؤال الأكبر بخصوص من خلَّف وراءه تلك البيضيات عندما تكونت الكربونات. وسنتناول هذا السؤال بمزيد من التفصيل في الفصل التالي، أما الآن، فلابد من أن ننتقل إلى سؤال رئيسي آخر: كم يبلغ عمر هذه الكريات؟



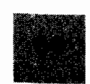
تظهر هذه الصورة التي التقطت بالمجهر الإلكتروني المروقي بعض الأجسام البيضوية الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001. لقد أخذت الصورة، في واقع الأمر، من نسخة طبق الأصل replica، وهي قالب من شريحة من الحجر النيزكي. ولصنع هذه النسخة المطابقة، غطى فنيو المجهر الإلكتروني مساحة من العينة بمادة تصلبت، ثم أزالوها وصوروها، وأدى ذلك إلى تجنب تحلل decomposition ملامح المنظر بفعل شعاع الإلكترونات. ويقترب طول التركيب الموجود في وسط الصورة من ميكرون كامل (صورة وكالة «ناسا»).

كم يبلغ عمر كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001؟

يبلغ عمر الحجر النيزكي ALH 84001 نحو ٤,٥ بلايين سنة، لكن هذا يضع حدا أقصى فقط لعمر كريات الكربونات الموجودة في الصخرة، والتي يحتمل أنها نشأت بفعل عملية للتنامي accretion، وهي التصاق المعادن المحمولة عبر الشقوق الموجودة في الصخرة بعضها ببعض. وإذا كان الأمر كذلك، فهل تشكلت كريات الكربونات بالفعل كترسبات معدنية قبل أربعة بلايين سنة أم بليوني سنة؟ وكيف يمكننا معرفة ذلك؟

على الأرض، يحدد الجيولوجيون أعمار ترسبات الكربونات عن طريق ملاحظة الكائنات الحية الأحفورية الموجودة داخلها والتعرّف على الأحقاب التي عاشت فيها هذه الكائنات الحية. لكن هذه الطريقة غير متاحة بالنسبة إلى الصخرة المريخية (ولو كانت متاحة، لسمعنا مناقشات أقل حدة حول ما إن كانت هناك حياة أصلا)، لذلك فقد لجأ الجيولوجيون إلى طريقتهم المفضلة في تحديد الأعمار، وهي تحلل الأنوية المشعة. ولسوء الحظ، فإن الكربونات تحوي كميات ضئيلة للغاية من هذه الأنوية المشعة التي يحكي تحللها ونواتج انحلالها قصتها للمعادن الأخرى. وتتضاعف صعوبة الأمر عندما يأمل المرء في تحديد عمر كرية لا يزيد قطرها على جزء واحد من مائة جزء من البوصة. لا تحتوي الكريات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001 على كميات يمكن قياسها من الأرجون ـ ٤٠ أو البوتاسيوم ـ ٤٠، وكميات ضئيلة للغاية من الروبيديوم ـ ٨٧ والسترونشيوم ـ ٨٧، التي توفر فرصا إضافية لتطبيق هذه الطريقة. ويتذكر ذلك كريس رومانيك بأسى ويقول «إنها مشكلة تجريبية عويصة، نظرا إلى أن هذه الكريات متناهية الصغر».

أدت محاولتان مختلفتان لتحديد عمر الكريات إلى التوصل إلى عمرين مختلفين بدرجة ملحوظة. فقد حددت إحدى النتائج الأولية، التي استشهد بها مكاي وزملاؤه في مقالتهم المنشورة في مجلة «ساينس»، عمرها بنحو ٣,٦ بلايين سنة. وكما سنناقش في الفصل السادس، فستكون هذه هي الحقبة المناسبة تماما لتوقع وجود أشكال بدائية من الحياة على المريخ. وعلى أي حال، فلا أحد يعلم أفضل من العلماء كم يبلغ قدر الحذر الذي يجب أن نتسلح به عند القفز إلى الاستنتاجات، لمجرد أنها تتلاءم مع توقعاتنا ورغباتنا. يقول ريتشارد آش Ash، وهو أحد الجيولوجيين الذين توصلوا إلى تقدير العمر بنحو ٣,٦ بلايين

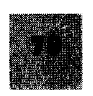


سنة «كان الأمر أشبه بسطر في نشرة مجانية throwaway في موجزنا المنشور، والذي يلخص نتائج أبحاث لم تكتمل بعد، وأكره أن أقول إن هذا عمر محدد من دون شك وجيد للكربونات [الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001]».

أما العمر الآخر الذي حُدد لكريات الكربونات فيجعلها أصغر بكثير، مجرد ١,٣٩ بليون سنة فقط. وقد استنتج هذا العمر كل من ميناكشي وادوا Wadhwa، وهي جيولوجية تعمل في متحف فيلد بشيكاغو، وجونتر لوجماير Lugmair، وهو كيميائي بجامعة كاليفورنيا في سان دييجو، من دراسة رقائق صغيرة من الحجر النيزكي، التي سحقاها ومرراها عبر أنظمة مغناطيسية فصلت المعادن المحتوية على الحديد. وباستخدام مجهر لاقط Picking microscope، وفاصل مغناطيسي magnetic separator، وحمض لإذابة الكربونات وفصلها عن بقية المعادن. عزلت وادوا نصف مليجرام من ثمالة residue الكربونات، ويتكون نحو ٥٠ جزء في المليون من هذه الكمية من أنوية السترونشيوم-٨٧ التي تتيح تحديد العمر باستخدام تقنية التحلل الإشعاعي، التي طبقتها هي ولوجماير على العينة.

ولا تكمن الصعوبات التي تكتنف هذه الطريقة لتحديد عمر عينة ما، في الكميات الضئيلة من المادة التي يجب أن يعمل العلماء عليها، بقدر ما تكمن في الطريقة التي يتوجب عليهم أن يفسروها بها. يعلق ريتشارد آش على ذلك بقوله «تعتمد نتائج وادوا بصورة كبيرة على النموذج الذي يظهر كيفية تكوّن الكربونات. عليك أن تفترض أن جميع مادة الكربونات نتجت عن تبدل الماسكلينيت Maskelynite، وهو ضرب من المواد الزجاجية التي تنتج نتيجة للارتطامات. فإذا أتت مادة الكربونات من معادن أخرى غير الماسكلينيت، يصبح عمر ١,٣٩ بليون سنة غير موثوق به. إن القياسات الفعلية لـ [وادوا] دقيقة للغاية كما أن تحليلاتها ممتازة، لكنها تخضع للتأويل. هذه المشكلة موجودة على الدوام: هل هي الكربونات [التي تقوم بتحديد عمرها]، أم حبيبات الماسكلينيت؟ ولا تعترض وادوا على هذا، وتقول «إن العمر يعتمد كثيرا على النموذج model-dependent، ولابد من التحقق من صحته. ونأمل في تناول هذا خلال الشهور التالية من أبحاثنا».

والنقطة الجوهرية في رأي آش هي أن « تحديد أعمار كريات الكربونات أمر بالغ الصعوبة. وفي الحقيقة لا توجد أعمار موثوق بها تماما». وإذا ثبتت صحة تأريخ وادوا لعمر الكربونات، فسيصبح المريخ أكثر إثارة للدهشة من أي وقت



مضـى: فإذا تشكلت الكربونات في وجـود مياه سائلة، وهذا يبدو محتملا لكن لم يثبت، فإن العمر «الصغير» الذي حددته وادوا ـ والبالغ ١,٣٩ بليون سنة ـ يعني ضمنا أن المياه السائلة كانت موجودة على المريخ في هذا الوقت. ومع ذلك، فالنظريات الحالية لتطور المريخ، بالإضافة إلى الكم الهائل من البيانات المستقاة من الملاحظة، تشير إلى أن المريخ فقد جميع المياه السائلة على سطحه قبل ثلاثة بلايين سنة. وقد يستنتج غير المتخصصين منا أن تحديد أعمار كريات الكربونات في الحجر النيزكي ALH 84001 لم يحدد بنجاح حتى الآن، وأن الموقف لن يتحسن في الغالب حتى يحصل الجيولوجيون والجيوكيميائيون على كميات أكبر بكثير من مادة الكربونات.

المعادن المغناطيسية في كريات الكربونات

أيا كان عدد البلايين من السنين التي عمرتها كريات الكربونات، فإن محتواها كان هو محور الاضطراب. وكجزء من الأدلة التي يحتويها الحجر النيزكي ALH 84001 على وجود حياة قديمة على المريخ، أولى الباحثون في مركز جونسون للفضاء عناية خاصة لحقيقة أن كريات الكربونات تحتوي على اثنين، وربما ثلاثة، من المعادن المغناطيسية magnetic minerals المختلفة.

إن أغلب المعادن المغناطيسية هي مركبات للحديد مع ذرات الأكسجين أو الكبريت sulfur. وتتكون المعادن من «حقول مغناطيسية» منفردة، يستجيب كل منها، مثل إبرة بوصلة صغيرة، للمجال المغناطيسي للأرض. أما ما يمكن أن يبدو كأخبار مذهلة للقارئ، فهو الحقيقة ـ التي يعرفها المختصون منذ أكثر من عقدين من الزمن ـ أن أنماطا متنوعة من الحياة على الأرض، تسمى بكتيريا الانتحاء المغناطيسي[١٠]. تنتج مواد مغناطيسية خاصة بها. وتصنع العديد من هذه البكتيريا جزيئا بروتينيا يسمى الفريتين ferritin، الذي يكدس ذرات الحديد في لُبِّه core، وهناك قسم ضئيل منها ينتج معادن مغناطيسية، وهي إما الماجنيتيت magnetite، مركب من الحديد والأكسجين، وإما الجريجيت greigite، الذي يتكون من الحديد والكبريت.

والمعادن المغناطيسية التي اكتشفت في كريات الكربونات بالحجر النيزكي ALH 84001، هي الماجنيتيت، والبيروتيت pyrrohotite (الذي يشبه تركيبه مثيله في الجريجيت)، والجريجيت نفسه، على الرغم من أن هذا في حاجة إلى مزيد

من التأكيد. وتتكون جميع هذه المعادن المغناطيسية الثلاثة من جزيئات مرتبة في نمط بلوري متكرر. وفي حقيقة الأمر، فإن لكل من الماجنيتيت، وهو أكسيد الحديد، والجريجيت، وهو سلفيد الحديد، تركيبا بلوريا متطابقا: فالماجنيتيت يتكون من وحدات إفرادية مكونة من ثلاث ذرات للحديد وأربع ذرات من الأكسجين، بينما تتكون وحدات الجريجيت من ثلاث ذرات من الحديد وأربع ذرات من الكبريت منتظمة في الترتيب البلوري. ونظرا إلى أن ذرات الحديد هي المسؤولة عن الخواص المغناطيسية لجميع المعادن الثلاثة، فهي تختلف بصورة أساسية فقط فيما إن كانت ذرات الأكسجين أو ذرات الكبريت هي التي اندمجت مع الحديد لتكوين المعدن.

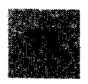
ويتراوح حجم حبيبات المعادن المغناطيسية التي وجدتها كاثي توماس - كيبرتا في عينة الحجر النيزكي ALH 84001، بين ٤٠ و٥٠ نانومترا؛ وتشبه أشكالها شبه المكعبة وتلك الشبيهة بقطرات الدموع، مثيلاتها في المعادن المغناطيسية التي يمكن للبكتيريا الأرضية تصنيعها، على الرغم من أنها ليست ذات حجم وأشكال موحدة مثل تلك التي تنتجها البكتيريا. في المؤتمر الصحافي الذي عقد في السابع من أغسطس، قالت توماس - كيبرتا بلهجة لا تخلو من التورية «عندما ألحقني ديف [مكاي]، وإيفريت [جيبسون]، بهذا المشروع، فأنا مضطرة إلى القول بأنني كنت مثل توما الشكاك[١١]. ولكن مع مرور الوقت، ازداد اقتناعي [بأن كيمياء وبنية المعادن المغناطيسية في كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي تزودنا بدليل جيد على وجود حياة قديمة على المريخ]».

عندما تصنع البكتيريا أحد أكاسيد الحديد مثل الماجنيتيت، أو أحد سلفيدات الحديد مثل البيروتيت أو الجريجيت، فإنها تنتج عددا كبير من المغناطيسات الضئيلة، وكلها بالحجم والشكل أنفسهما تقريبا. يقول ريتشارد فرانكيل Frankel، وهو أستاذ الفيزياء في كلية العلوم التكنولوجية Polytechnic التابعة لجامعة ولاية كاليفورنيا في سان لويس أوبيسبو «تمثل هذه روائع[١٢] لهندسة المغناطيسات الدائمة[١٣]. لديك إبر بوصلات لكائنات حية يبلغ حجمها ميكرونا واحدا، تبلغ من الكمال أقصى حد يمكنك الوصول إليه». ولا يزيد طول أصغر أنواع البكتيريا التي تستخدم المعادن المغناطيسية على ميكرون واحد، أي مجرد ٠,٠٠٠٠٤ من البوصة، لكنه في الوقت نفسه أكبر بعدة أضعاف من أكبر البيضيات التي تشاهد في الحجر النيزكي ALH 84001. وهي

تستخدم معادنها المغناطيسية لاستشعار المجال المغناطيسي للأرض، وبعدها تستغل هذه المعلومات للتفريق بين الأعلى والأسفل. يقول فرانكيل «لا يمكن للبكتيريا معرفة اتجاه الأعلى من الأسفل بوساطة الجاذبية، لكنها تعيش في عالم فيه مطابقة كيميائية رأسية vertical chemical stratification، ولذلك فإن معرفة الاتجاه إلى الأعلى يساعدها في الحصول على المواد الغذائية التي تحتاج إليها». ومثلها مثل الغواص الذي يسبح في مياه معتمة - ولا يمكنه رؤية أي شيء بوضوح، لكنه لا يزال قادرا على التعرف على الاتجاه إلى الأعلى والأسفل، وبذلك يمكنه معرفة طريقه إلى السطح - فإن البكتيريا المغناطيسية تمتلك ميزة الاهتداء orientation من أجل البقاء على قيد الحياة، والتي يفتقر إليها أبناء عمومتها من البكتيريا غير المغناطيسية.

وبعد أن وجدت كاثي توماس - كيبرتا كريات الكربونات في الحجر النيزكي ALH 84001، طلب ديفيد مكاي ومعاونوه في مركز جونسون للفضاء مساعدة حجة الله فالي Vali، وهو عداني بيولوجي biomineralogist (خبير في المعادن التي تنتجها الكائنات الحية) إيراني المولد، ويعمل في التدريس في جامعة مكجيل McGill في مونتريال (كندا). وبسبب درجات الحرارة المنخفضة التي تشكلت عندها كريات الكربونات، اندهش فالي حين وجد أنها تحتوي على كل من أحد أكاسيد الحديد، وهو الماجنيتيت، وكذلك سلفيدات الحديد، البيروتيت والجريجيت. ويقول «يمكنك أن تجدها معا في الأنظمة غير الحية؛ فالكثير من الحالات الماحارية (١٤) تنتج كلا من أكسيد الحديد وسلفيد الحديد. ولكن عندما تجدهما معا، فإنهما على الأغلب قد يكونان في وجود درجة حرارة مرتفعة». وبالتالي، فإذا كانت الكربونات تكونت عند درجات حرارة منخفضة نسبيا، كما استنتج كريس رومانيك وزملاؤه، فإنه لمن الصعوبة بمكان تفسير وجود كل من أكسيد الحديد وسلفيد الحديد على أساس من التجربة الأرضية. وبالإضافة إلى ذلك، يقول فالي «ينطوي المحلول الذي ينتج الكربونات على باهاء pH منخفضة - بمعنى وجود مستوى مرتفع نسبيا من الحموضة - لكن تكوّن الماجنيتيت وسلفيد الحديد يستلزم باهاء مرتفعة [أي محلول غير حمضي، أو قلوي]».

وهكذا، فإن اكتشاف حبيبات أكسيد الحديد وسلفيد الحديد المنطمرة في كريات الكربونات يشير إلى وجود بيئتين مختلفتين: واحدة لازمة لتكوين الكربونات، وواحدة لإنتاج المعادن المغناطيسية. بالإضافة إلى ذلك، فإن وجود



نوعين من المعادن المغناطيسية، أحدهما يضاف فيه الأكسجين والثاني يضاف فيه الكبريت إلى الحديد، يقترح تقسيما إضافيا للبيئات. وبمقتضى تعريفها تقريبا، فإن الكائنات الحية تتلاعب بالبيئات لتبقى على قيد الحياة، فهي تستغل البيئات المختلفة للاستفادة من الفروق الموجودة بينها. والمعدة البشرية، على سبيل المثال، تحتفظ ببيئة فقيرة الأكسجين تعيش فيها ملايين البكتيريا اللاهوائية (١٥) التي تموت سريعا إذا تعرضت للهواء. ولذلك فإن اكتشاف الماجنيتيت وسلفيد الحديد في المكان نفسه، بل في مكان تكونت فيه الكربونات، يزودنا بدليل قوي على أن الكائنات الحية قد مرت من هذا الطريق. وباعتبار أن البكتيريا يمكنها إنتاج معادن مغناطيسية مشابهة لتلك الموجودة في كريات الكربونات، فإن الأصل البيولوجي لأكسيد الحديد وسلفيد الحديد الموجودين في الحجر النيزكي ALH 84001 يبدو معقولا، على الرغم من أنه لم يثبت تماما. يقول جوزيف كيرشفينك Kirschvink، وهو جيولوجي بمعهد كاليفورنيا للتكنولوجيا(١٦)، عن النتائج التي اكتشفت في الحجر النيزكي ALH 84001 «إنه أمر غريب، فهو لا يعني أيضا أن [أجزاء من الصخرة المريخية] كانت على قيد الحياة. ربما كان المريخ مكانا غير عادي».

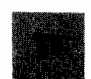
في أواخر عام ١٩٩٤، وبعد شهور عديدة من العمل الشاق على المقاطع الرقيقة للصخرة، مع نتائج الفحص بالمجاهر الإلكترونية وتعرّف فالي على المعدنين المغناطيسيين الموجودين، بدأ مكاي ومعاونوه يتساءلون فيما إن كان هذا الحجر النيزكي يحمل داخله شيئا بالفعل. ويتذكر كريس رومانيك ذلك بقوله «طلبنا من بيل شوف Schopf الحضور من جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس لإلقاء نظرة؛ فهو حجة في علامات الحياة القديمة. وقد زارنا شوف، وأخبرنا بما يمكن أن يقنعه؛ فلن يكفيه العثور على بنى structures قد تكون خلفتها كائنات حية؛ كان علينا أيضا أن نجد المواد العضوية المرتبطة بهذه البنى». ونظرا إلى أن ذلك لم يكن هو التخصص الدقيق للجيولوجيين العاملين في مركز جونسون للفضاء، كان على الباحثين هناك أن يبحثوا عن خبراء في اكتشاف الجزيئات العضوية. يقول رومانيك «كان لدى كاثي [توماس ـ كيبرتا] اتصالاتها في جامعة ستانفورد، حيث يملكون هناك أحدث الأجهزة والتفسيرات. لذا بدأنا العمل مع ريتشارد زار Zare وسيمون كليميت Clemett في ربيع العام ١٩٩٥».

مختبر زار واكتشاف المركبات العضوية في الحجر النيزكي ALH 84001

كان ريتشارد زار، وهو رائد عالمي في كيمياء الليزر (وهي دراسة الأجسام على المستوى الجزيئي باستخدام أشعة الليزر) (١٧)، في قمة تألقه المهني: فلم يكن فقط أستاذا بجامعة ستانفورد، بل الرئيس الحالي للمجلس العلمي الوطني National Science Board، وهي سلطة المراقبة التي تشرف على، وتضع، سياسة المؤسسة الوطنية للعلوم (NSF)، وهي المصدر الرئيسي لتمويل البحث العلمي في الولايات المتحدة. ولد زار في مدينة كليفلاند (أوهايو) العام ١٩٣٩، ودرس الكيمياء والفيزياء بجامعة هارفارد، والتحق بكلية الدراسات العليا بجامعة كاليفورنيا في بيركلي، ثم عاد إلى هارفارد ليتبع المشرف على رسالته للدكتوراه، وهو دودلي هيرشباخ Herschbach، الحائز جائزة نوبل مناصفة في العام ١٩٨٦ تقديرا لأعماله الرائدة في تحليل التفاعلات الكيميائية.



قاد كل من ريتشارد زار Zare (إلى اليمين)، وسيمون كليميت Clemett (إلى اليسار)، جهود مختبر زار لتحليل تركيب كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001 من دون تلويثها (المصور: دونالد جولدسميث).



متسلحا بدكتوراه حصل عليها من جامعة هارفارد وهو بعد في الرابعة والعشرين، قضى زار عاما كزميل بعد الدكتوراه postdoctoral fellow في جامعة كولورادو، ثم عين أستاذا مساعدا للكيمياء في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا (MIT). وخلال تسعة أشهر قضاها في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، تعرض مستقبله المهني لهزة غير متوقعة. يقول زار «كنت أحتاج إلى مدخل لمختبر الآلات بقسم الفيزياء. كنت قد أبلغت أنني لا أستطيع استخدام سوى مختبر قسم الكيمياء، الذي كان جيدا بالنسبة إلى الجلد، والنحاس، والخشب، لكن كان علي أن أتعامل مع الصلب الذي لا يصدأ stainless steel. توجهت إلى عميد الكلية لأتقدم بشكوى، فنصحني بأن أتحلى بالصبر». لكن زار لم يكن رجلا صبورا. فقال لي «عندما أخبرت العميد بأن لدي عرضا للعودة [إلى جامعة كولورادو]، قال لي: أيها الشاب، إن الناس لا يتركون معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا للتوجه إلى جامعة كولورادو. وفي اليوم التالي، وضعت استقالتي على مكتبه، فحصلت على إذن فوري باستخدام مختبر الآلات بقسم الفيزياء، لكني لم أنظر ورائي مطلقا. كانت هذه أولى مغامراتي، فقد تحولت من قسم الكيمياء في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا إلى قسم الفيزياء بجامعة كولورادو. وبعدها باع قسم الفيزياء نصفي إلى قسم الكيمياء مرة أخرى». وبعد سنوات قلائل، وهو لم يبلغ الثلاثين من عمره بعد، أصبح زار أستاذا عاملا للكيمياء بجامعة كولومبيا.

يتذكر زار الوقت الذي أمضاه في جامعة كولومبيا بقوله «كنت أطوّر تقنية جديدة لفحص كميات ضئيلة من نواتج التفاعلات الكيميائية وهي في طور المرحلة الغازية gaseous phase. كان ذلك هو المكان الذي بدأت فيه لأول مرة أبحاثي على القياس الطيفي الكتلي بالتأين الليزري[١٨]»، وهي التقنية التي ستكسب زار شهرته في عالم الفيزياء والكيمياء. وفي العام ١٩٧٧، سمح زار لنفسه بالاستجابة لعرض مُغر للانتقال إلى الساحل الغربي للولايات المتحدة -إلى جامعة ستانفورد- حيث يشغل الآن منصب أستاذ كرسي مرجريت بليك ويلبور للكيمياء، ورئيس مختبر هائل، يعرف بصورة مألوفة باسم مختبر زار Zarelab، الذي يختص في تحليل الكميات الضئيلة من المركبات داخل عينة ما من دون لمسها. وبدلا من ذلك، يطلق الباحثون أشعة الليزر على العينة ويدرسون ما يتسببون في إطلاقه من مناطق محددة بدقة. يقول زار: «نحن

نستخدم أشعة الليزر لحل المشكلات الكيميائية، هذه هي نقطة قوة مختبرنا». يقول سيمون كليميت، وهو طالب دراسات عليا بريطاني عمل مع زار في دراسة الحجر النيزكي ALH 84001 «إنها كيمياء من دون كيمياء». يعني بذلك أن تقنية الليزر هذه تتجنب لمس العينة، وبالتالي تلوثها، عند اتباع الإجراء التجريبي بالصورة الصحيحة.

يقول زار: «أصبحت مهتما بالأحجار النيزكية بفضل صديقي بيتر بوسيك Buseck، وهو كيميائي وجيولوجي من جامعة ولاية أريزونا، كان موجودا في جامعة ستانفورد خلال إجازة سبتية [١٩]، وقال لي إنه يدرس الأحجار النيزكية، وعندما سألته عن السبب، أخبرني بأنه يفعل ذلك لأنها رسل من الفضاء. وأشعل ذلك فضولي، فسألته : ما الذي تبحث عنه في هذه الأحجار؟ فقال لي: أي شيء موجود فيها. لقد جعلني ذلك مهتما حقا بدراستها، وفي نهاية الأمر اكتسبت شهرة في مجال الأحجار النيزكية». وفي السنوات الأخيرة، قام زار مع زملائه وطلابه بدراسة جزيئات الغبار بين الكوكبي[٢٠]، وهي شهب ضئيلة الحجم تنهمر على الأرض برقة شديدة، وبغزارة شديدة، إلى درجة أن طائرات التجسس التي تطير على ارتفاعات عالية يمكنها أن تجمعها باستخدام مواد لزجة sticky. إن تحليلها بالدقة التي تتم في مختبر زار يتطلب قدرا هائلا من الاهتمام بالتفاصيل. يقول زار: «إننا نقضي جل أوقاتنا ونحن نقوم بأعمال مملة ومحبطة بدرجة مذهلة»، تشمل الحفاظ على الضبط الدقيق المعدات، ومقارنة النتائج بعينات شاهدة[٢١]. ويفترض أن يكون هو أكثر العارفين بذلك، على رغم أن أغلب العمل التفصيلي على الحجر النيزكي ALH 84001 قد تم على يدي كليميت، الذي يسميه زار «اللاعب الرئيسي» في هذا البحث، بالإضافة إلى اثنين من الباحثين الحاصلين على زمالة ما بعد الدكتوراه، وهما خافيير شيلير Chillier وكلود ميشلنج Maechling.

وبحلول العام ١٩٩٥، عندما اتصلت كاثي توماس-كيبرتا بسيمون كليميت وطلبت منه تحليل بعض عينات مركز جونسون للفضاء، كان لدى باحثي مختبر زار بالفعل قدر كبير من المعرفة بخصوص تحليل زوار الأرض اللاأرضيين extraterrestrial من خلال أبحاثهم على جزيئات الغبار بين الكوكبي. وللبعد بهذا التحليل عن التحيز اللاواعي unconscious bias، حملت

العينات الثلاث التي جرى استلامها من مركز جونسون للفضاء ملصقات تحمل الأسماء «ميكي»، و«ميني»، و«غوفي»[٢٢]. يقول زار: «هذا مناسب، ففي الماضي، أعطانا البعض عينات جوفاء blanks (أي عينات تخلو من أي مركب مثير للاهتمام). كان هذا اختبارا جيدا لقدراتنا». لكن العينات المرسلة من مركز جونسون للفضاء كانت جميعها، في الحقيقة، قطعا من الحجر النيزكي ALH 84001.

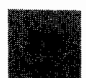
كان مختبر زار هو المكان المثالي لتعيين التركيب الجزيئي لقطعة من الحجر النيزكي ALH 84001 من دون تلويث العينة. كانت التقنيات التقليدية لنزع قطع من الصخرة لإجراء المزيد من الدراسات عليها تنطوي على خطر إضافة جزيئات أرضية إلى تلك القطع الصغيرة من الصخرة المريخية. وفي تلك الحالة، فإن أدق التحليلات قد يكون له تأثير عكسي يتمثل في اكتشاف مركبات مألوفة، ليس لأنها تشكلت على المريخ، ولكن لأنها قد أضيفت بطريق الخطأ داخل المختبر. كان هذا سيشبه كارثة حجر أورجيل النيزكي، على رغم أن الملوثات في هذه الحالة دخلت إلى الصخرة قبل أن تصل إلى المختبر.

تجنبت تقنيات مختبر زار كل أنواع التلامس المباشر مع العينة. ولتقليل خطر التلوث بأقصى قدر ممكن، وضع فريق زار العينات داخل حجرة خوائية vacuum chamber، حيث طُبق شعاعان ليزريان مختلفان ومجال كهربي، لاستهلال عملية من ثلاث خطوات يمكنها كشف الأنواع المختلفة للجزيئات في كل موضع بكل عينة. نفث شعاع الليزر الأول سحابة من المادة بعيدا عن العينة، بينما انتقى شعاع الليزر الثاني صنفا class من الجزيئات داخل تلك السحابة، بينما مكّن المجال الكهربي الباحثين من حساب عدد كل نمط معين من الجزيئات ضمن ذلك الصنف الذي قام شعاع الليزر الثاني بعزله. لقد جعلت هذه التقنية من مختبر زار مركزا عالميا لأساليب معينة من التحليل الكيميائي. ويمكننا مقارنة طريقة زار بالطريقة التي ينتهجها مخبر يسعى إلى اكتشاف المادة التي صنع منها معطف رجل عن طريق توجيه تيار من الحرارة إلى بقعة صغيرة من المعطف لإطلاق بعض الألياف من النسيج إلى الجو. ومن بين هذه الألياف، يخطط المختبر لنفث خيوط نوع واحد فقط، مثل الحرير أو الصوف. وبعد ذلك تحسب أعداد الألياف من كل حجم ووزن لنوع معين، مثل الصوف مثلا.

في مختبر زار، قام الكيميائيون بوضع العينة تحت المجهر لاختيار المنطقة التي سيركزون عليها شعاع ليزر الأشعة دون الحمراء infrared laser. وتحدث كل دفعة من هذا النوع من الليزر انفجارا صغيرا داخل منطقة من الحجر النيزكي اختيرت بعناية، تلفظ على إثره مادتها على الفور تقريبا. وبعد هذا الانفجار بعشرين ميكروثانية[٢٣]، أطلق الفريق شعاعا من نوع آخر من الليزر، يطلق أشعة فوق بنفسجية ultraviolet radiation، نحو المادة الملفوظة. وأدت الأشعة فوق البنفسجية إلى تحرير الإلكترونات من أحد الجزيئات المارة عبر التيار المتدفق، وهي عملية تعرف باسم التأين ionization. وعن طريق «ضبط» تردد الأشعة فوق البنفسجية لشعاع الليزر الثاني، أمكن لزار وزملائه اختيار أي صنف محدد من الجزيئات سيتأين؛ ولن تتأثر الأصناف الأخرى من الجزيئات، إذ تحتفظ بمجموعتها الكاملة من الإلكترونات. عندها انتقل فريق مختبر زار إلى المرحلة الثالثة، والتي يجري فيها عدّ الأنواع المنفردة من الجزيئات التي تأينت، واحدة بواحدة.

ولتحقيق أهداف المرحلة الثالثة، ولّد فريق مختبر زار مجالا كهربيا داخل الحجرة الخوائية. وليس لهذا المجال أي تأثير في الجسيمات غير المتأينة، لكنه يسرِّع accelerates الجزيئات المتأينة إلى سرعات مذهلة. وبطيرانها عبر الحجرة الخوائية بسرعات تقترب من مائة ميل في الثانية، سرعان ما التقت الجزيئات المتأينة هدفا سجّل ارتطامها به. وقد أتاحت أزمنة وصولها، بالإضافة إلى تطبيق المبادئ البسيطة للفيزياء، لفريق مختبر زار التفريق بين الأنواع المختلقة من الجزيئات على أساس وزنها. تلقى كل من الجزيئات دفعة الطاقة نفسها من المجال الكهربي. وللسبب نفسه الذي يجعل كرة الجولف تتحرك أسرع من كرة القدم التي تتلقى مدخول الطاقة energy input نفسه، فقد تحركت الجزيئات ذات الكتلة الأصغر بسرعة أكبر عبر الحجرة. يعلق زار على ذلك قائلا: «كما يحدث في الحياة، فالنحاف دائما يغلبون السمان». وعن طريق حساب عدد الاصطدامات التي تحدث في أزمنة متباينة قليلا، تمكن فريق زار من حساب عدد الجزيئات لكل كتلة محددة. وكشفت الكتلة بدورها عن النوع species المحدد داخل صنف الجزيئات التي أيّنها ليزر الأشعة فوق البنفسجية قبل لحظات.

عندما يقوم العلماء بإجراء هذا النوع من التجارب على صخرة من الأرض، تواجههم بعض الصعوبة في تفسير نتائجهم، ببساطة لأن هناك كثيرا جدا من الجزيئات حتى في قطعة صغيرة من أغلب الصخور الأرضية. وعلى العكس من



ذلك، فإن أجزاء الصخرة المريخية، التي تبعد عن السطح بدرجة تكفي للاعتقاد بأنها خالية من التلوث، تسودها أربعة أنواع من الجزيئات، تنتمي جميعها إلى الصنف نفسه. وهذه الجزيئات هي: الهيدروكربونات الأروماتية (العطرية) عديدة الحلقات[٢٤] PAHs. وكما يشير إليه اسمها بوضوح، فإن الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات تتكون أساسا من ذرات الهيدروجين والكربون (هيدروكربونات) التي تنتظم في اثنين أو أكثر من البنى المتجاورة السداسية الأضلاع hexagonal (عديدة الحلقات)، والتي يطلق عليها الكيميائيون اسم حلقات البنزين («الأروماتية»، أو «العطرية» كما يمكن لأي شخص يشم رائحة البنزين أن يتحقق من صحتها).

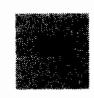
وتعد حلقات البنزين من بين أكثر العناصر البنيوية شيوعا في الحياة، أما البنزين نفسه، وهو سائل لا لون له وشديد القابلية للاشتعال، فيمثّل أبسط المركبات البترولية. وتحتوي كل من جزيئات البنزين على ست من ذرات الكربون وست من ذرات الهيدروجين، وبالتالي فإن صيغتها الكيميائية هي C_6H_6.

البنزين

النفتالين

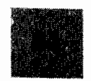
الفنيل بنزين

يتضمن جزيء البنزين ست ذرات من الكربون، مرتبطة ببعضها في بنية حلقية، مع ست ذرات من الهيدروجين خارج الحلقة. ويمتلك كل من جزيئات الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات PAHs اثنتين أو أكثر من حلقات البنزين، عادة مع ذرات إضافية من الهيدروجين والكربون خارج الحلقات. وعلى سبيل المثال، فإن أبسط الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات، وهو النفثالين naphthalene، يتكون من حلقتي بنزين تشتركان في أحد أضلاع بنيتها السداسية.



إن ذرات الكربون الست في البنزين تكوّن حلقة ring، توجد ذرات الهيدروجين خارجها، ويرتبط كل منها بذرة كربون واحدة. كان أول من لمح (عقليا!) هذا التركيب الجزيئي هو الكيميائي الألماني، الذي عاش في القرن التاسع عشر، فريدريك كيكولي[٢٥]، فبعد الكثير من التفكير الواعي بخصوص تركيب البنزين، رأى كيكولي في المنام حلما فيه ستة ثعابين يشكلون حلقة، يلتهم فيها كل منهم ذيل سابقه. وفي هذه الأيام السعيدة التي سبقت ظهور فرويد[٢٦]، اعتبر كيكولي على الفور أن عقله الباطن قد زوده بتلميح كيميائي غير عادي؛ ومن هنا اكتسب شهرته، ولا يعلم اليوم إلا القليلون أن كيميائيا اسكتلنديا اسمه أ. س. كوبر Cooper كان لديه التصور نفسه قبل ذلك بوقت قليل، لكنه تأخر في نشره من خلال معارفه في فرنسا. وباعتبار أن كيكولي كان رئيس تحرير المجلة الألمانية Annalen der Chemie (حوليات الكيمياء)، فلم تواجهه مثل هذه العقبة.

تحتوي الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات التي جرى التعرف عليها داخل الحجر النيزكي ALH 84001 على ثلاث أو أربع من حلقات البنزين، بالإضافة إلى عدد قليل من ذرات الكربون والهيدروجين الإضافية. وكلما كانت الحياة موجودة على الأرض، يمكن العثور على الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات PAHs؛ وهي غير موجودة نمطيا في الكائنات الحية نفسها، لكنها تنشأ عن تحللها، مثل الهيدروكربونات الموجودة في البترول. يقول زار: «عندما تقوم بشي الدجاج على الفحم، فإن هذه المادة السوداء التي تظهر على الطبقة الخارجية إذا طهوته لمدة طويلة، تكون مشبعة بالهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات». ولو كان الأمر مقصورا على ذلك، لكان اكتشاف الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات داخل الحجر النيزكي ALH 84001 أظهر بحد ذاته وجود حياة على المريخ، وأنها تركت وراءها مخلفات تحللها. ولكن، فمن المؤكد تماما أن الأمر ليس كذلك: فلا يمكن لأحد أن يعد وجود الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات دليلا على وجود الحياة؛ فالهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات تظهر أيضا في أماكن يعتقد أنها تخلو من الحياة، مثل الفضاء بين النجوم interstellar space، والأحجار النيزكية القديمة، وذرات الغبار بين الكوكبي.



من بين أوجه الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات التي اكتُشِفت في الحجر النيزكي ALH 84001، فإن أكثرها إثارة للاهتمام - مثل الاستثمارات العقارية - يكمن في موقعها. فالهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات أعلى تركيزا بكثير داخل كريات الكربونات عنها في خارجها؛ وفي داخل الكريات، تظهر بكميات ضخمة على وجه الخصوص ضمن الحواف السوداء والبيضاء للكريات. يقول زار: «عندما رأيت الارتباط الحيزي spatial correlation بين الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات والكربونات، جعلني ذلك أقول: عليَّ أن أعطي [احتمال وجود حياة قديمة على المريخ] بعض المصداقية. وعندما حدث ذلك، قضيت ليلة ملؤها الأرق، مع قدر قليل من الرعب. فعلى رغم كل شيء، كنت أعيش حياة سعيدة. ومن الواضح أن هذا الموضوع سيكون مثيرا للجدل».

كان زمن التراجع قد ولّى، على رغم أن زار كان يأمل في الاستمتاع بقدر نسبي من الغفلية anonymity حتى يُنشَر البحث. ويتذكر زار ذلك بقوله: «تحدثت إلى كاثي توماس - كيبرتا، ثم إلى ديفيد مكاي وإيفريت جيبسون. لقد كتبنا المقالة من خلال تواصلنا بالبريد الإلكتروني والفاكس، وكان لابد من أن يكون الفاكس مأمونا». في أوائل عام ١٩٩٦، كان العلماء في مركز جونسون للفضاء، وجامعتي مكجيل وستانفورد، مستعدين للنشر، وقدموا مقالته إلى مجلة «ساينس». يقول زار: «اتصلت بالمحرر في شهر أبريل، وقلت إننا سنتقدم بمخطوطة مهمة تحتاج إلى مراجعة خاصة، من دون تسرب لمحتواها. وقد أخبرني أنه لا يريد تكرار فضيحة الاندماج النووي البارد. ليس هناك شك في أننا كسبنا الكثير بالدخول في عملية المراجعة، لقد حافظ المراجعون على السر»، على رغم أن أكثر من شخص أشار لاحقا إلى أي مدى كانت تلك مهمة شاقة عند مناقشة الحياة خارج الأرض مع زملائهم خلال ربيع وصيف العام ١٩٩٦.

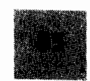
وبعد ذلك، وبالتحديد في شهر أغسطس، تسربت الأنباء. يتذكر ذلك زار من دون بذل أي جهد كان: «كنت أحضر مؤتمرا لمجلس الأكاديمية الوطنية للعلوم(٢٧) بولاية ماساتشوستس. وفي مساء الاثنين (الخامس من أغسطس) طرت عائدا إلى ستانفورد، واستمعت من جهاز الرد على المكالمات الهاتفية في مكتبي إلى سلسلة من المكالمات الهيستيرية المتزايدة الحدة». وبلغت الرسائل أوجها بخبر مفاده أنه من المتوقع أن يطير زار إلى واشنطن في اليوم التالي لحضور المؤتمر الصحافي المقرر عقده يوم الأربعاء. وبسبب سلسلة من

مشاكل الطيران التي تتراكم في الوقت الذي يكون المرء فيه أبعد ما يكون عن الحاجة إليها، وصل زار إلى واشنطن بعد منتصف الليل بكثير، وهو يشعر بالدوار، لدرجة أنه استطاع بصعوبة عرض نتائج أبحاثه على رجال الصحافة. وعلى الرغم من ذلك، فعند الإشارة إلى احتمال أن تقوم الأحجار النيزكية بنقل الجراثيم من كوكب إلى آخر، قدّم زار أكثر الجمل التي جرى تناقلها من المؤتمر الصحافي، فتساءل: «من يستطيع القول بأننا لسنا جميعا من المريخ؟»، وهو موضوع سنتناوله في الفصول التالية.

وتساءل زار: «والآن، كيف تفسرون ما وجدناه؟ إن اعتقادنا (بوجود حياة محتملة على المريخ) يبدو معقولا، على رغم أنه مذهل. وهو يتوافق مع الكثير من المعطيات، لكن ذلك لا يعني أنه صحيح. يجب على كل عالم أن يكون شكاكا : فأكبر فخ ينطوي عليه العلم هو خداع النفس، وأود الاحتفاظ بحقي في تغيير رأيي في ضوء ظهور تفسيرات جديدة أو معطيات جديدة. فعندما يخبرني طبيب بشيء مهم، فأنا أبحث عن رأي ثانٍ. وحتى تجربة ميشيلسون ـ مورلي[٢٨] (والتي تدعم نتائجها صحة نظرية النِّسبية الخاصة لأينشتاين) كانت بحاجة إلى برهان قبل أن يمكن للناس أن يصدقوها».

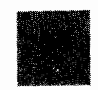
يتفق العلماء على أن برهنة النتائج المذهلة المستقاة من الحجر النيزكي ALH 84001 هي بالضبط ما يجب أن نسعى إلى الحصول عليه إذا كنا نأمل في التوصل إلى استنتاجات قاطعة من هذه الأدلة. سيتعين على فرق الباحثين الذين فحصوا كريات الكربونات وحاولوا تحديد أعمارها، وبنيتها، وتركيبها، وتواريخ تكوّنها، أن يضاعفوا جهودهم خلال السنوات القليلة القادمة، مدركين أن لديهم فرصة لإثبات ـ أو نفي ـ ما يمكن أن يكون اكتشاف أول حياة موثقة خارج الأرض. وأثناء عملهم هذا، سيظل الجدل حول ما وجدوه مستمرا.

في شهر نوفمبر ١٩٩٦، وجد ثلاثة علماء بريطانيين دليلا يشير إلى أنه ربما كانت هناك حياة في حجر نيزكي مريخي آخر، EETA 79001، وهو «حجر رشيد» الذي كان له القول الفصل في قضية الأصل المريخي للأحجار النيزكية SNC. وعلى عكس الحجر النيزكي ALH 84001، فعمر الحجر النيزكي EETA 79001 صغير نسبيا، ١٨٠ مليون سنة فقط، كما أنه قضى نحو ٦٠٠ ألف سنة فقط في الفضاء قبل أن يصل إلى الأرض، حيث اكتُشِفَ عام ١٩٧٩ من قبل صائدي الأحجار النيزكية القطبية الجنوبية.



وبعد أن علموا بأخبار الحجر النيزكي ALH 84001، قام كولين بيلينجر Pillinger، وإيان رايت Wright، ومونيكا جاردي Gardy، وهم فلكيون واختصاصيون بالنيازك في الجامعة المفتوحة في ميلتون كينز ومتحف التاريخ الطبيعي في لندن، بإعادة فحص عينات هذا الحجر النيزكي والحجر النيزكي EETA 79001، وقد عثروا داخل كريات الكربونات في الحجر النيزكي ALH 84001 على مركبات يبدو أنها تكونت من الميثان methane، وهو غاز كثيرا ما تنتجه الأحياء المجهرية على الأرض. والمذهل أكثر هو اكتشافهم أن قدرا يصل إلى جزء من ألف من الحجر النيزكي EETA 79001 يتكون من مواد عضوية. وعلى رغم ذلك، فإن التقنيات التي اتبعوها لا تسمح لهم بالتعرف على المكونات المحددة لهذه المادة العضوية، مثل الهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات PAHs التي تعرف عليها فريق مختبر زار في الحجر النيزكي ALH 84001. لكن العلماء البريطانيين حققوا اكتشافا مدهشا آخر: فقد كانت نسبة كميات نظائر الكربون، وهي الكربون ـ ١٣ والكربون ـ ١٢، في الحجر النيزكي EETA 79001 تشبه تلك الموجودة لدى المخلوقات الحية وحفرياتها الموجودة على الأرض. لماذا تزودنا هذه النسبة لأعداد نظائر الكربون بعلامة على وجود الحياة؟ إن الإنزيمات التي تربط bind ذرات الكربون بالخلايا الحية يمكنها أن تمتلك ذرات الكربون ـ ١٢ بصورة أيسر قليلا من امتلاكها للكربون ـ ١٣. ونتيجة لذلك تنزع الكائنات الحية إلى أن تمتلك نسبا للكربون ـ ١٢ إلى الكربون ـ ١٣ تزيد بعدد قليل في المائة عن هذه النسبة في المواد غير الحية. وفي الحجر النيزكي EETA 79001، كانت النسبة الكلية للكربون ـ ١٣ إلى الكربون ـ ١٢، مساوية للنسبة الموجودة على المريخ عموما، لكن الكربون الذي يكوّن جزءا من الجزيئات العضوية في هذا الحجر النيزكي يمتلك نسبة مختلفة بصورة ملحوظة، وهي نسبة يعتبرها الكثيرون علامة تنم عن النشاط البيولوجي.

وعلى رغم أن الدليل الذي تقدمه نسب النظائر الكربونية لا يمكن اعتباره قاطعا، فحقيقة أن هذا الدليل قد ظهر في حجر نيزكي آخر من المريخ، بل ويعتبر عمره صغيرا، تشير إلى أن الحياة على المريخ ربما لم تكن موجودة منذ بلايين السنين فحسب، بل إنها ربما استمرت حتى أحقاب جيولوجية حديثة، بل وحتى العصر الحالي. عندما علم ريتشارد زار بالنتائج البريطانية بعد



شهور عديدة تعرضت خلالها النتائج المتعلقة بالحجر النيزكي ALH 84001 لتمحيص شامل ومكثف، ندت عنه زفرة تنم عن الارتياح، وقال: «لقد سخر الكثير من الخبراء مما اقترحناه، لدرجة أننا نرحب كثيرا [بهذا الخبر]، فاكتشاف هؤلاء الخبراء بالنيازك المعروفين والمحترمين لأدلة تشير بالفعل إلى وجود أشكال بدائية من الحياة على المريخ القديم يمنحني معنى جديدا تماما للإصرار على موقفنا، فنحن لسنا وحدنا!».

إن عمليات المجتمع العلمي تجعل من المعقول تماما لأي شخص يعلن عن دليل يشير إلى وجود حياة على كوكب آخر، أن يتوقع موجة من الاعتراضات بين زملائه أو زملائها؛ وتصف كلمة «السخرية» التي ذكرها زار، بعضا من ردود الفعل الأكثر حماسا للأخبار المتعلقة بالمريخ. وللحصول على قبول واسع بين العلماء، يجب على جميع الاستنتاجات، وخصوصا أكثرها إثارة للذعر، أن تواجه، وتتغلب على جميع الحجج المضادة التي يثيرها الباحثون العاملون في المجال نفسه. وخلال أواخر صيف وخريف عام ١٩٩٦، أصدر عدد كبير من العلماء مقالات ناقدة لتحليل وتفسير الأدلة الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001. إن الإجابة عن هذه الاعتراضات بما هي أهله تستلزم منا إفراد فصل خاص بها، سنطلق عليه اسم «الدفاع يستجوب الشهود».



4 الدفاع يستجوب الشهود

«إن هذا عمل نصف مكتمل كان من الواجب عدم نشره»
إدوارد أندرز

لنفترض أننا سنستمر في تطبيق نموذجنا للجدل العلمي كدراما تقع أحداثها في قاعة المحكمة، فنستخدمه كأداة لفهم الحجج المؤيدة والحجج المعارضة لاحتمال وجود حياة على المريخ. وفي هذه القضية، يمكننا تخيل أن المحامي «س»، الذي يترافع لمصلحة وجود حياة على المريخ إلى أقصى حد ممكن، قدّم مناقشة الفصل السابق بخصوص الأدلة. يمكننا الآن أن نتصور فريق الدفاع، يقوده المحاميان «أ» و«ب»، وهو يعد مرافعة cross-examination يقصد بها دحض وتفنيد كل النقاط الرئيسية التي يدعي المحامي «س» أنه أثبتها. وسيهدف هذا النقض rebuttal إلى إظهار أن أي استنتاج يفيد بوجود حياة قديمة على المريخ يجب الحكم عليه بأنه سابق لأوانه. وبطبيعة الحال، فمن أجل أن نجعل الإجراءات القضائية متوافقة مع السابق، علينا إذن أن نتيح لممثلي الادعاء فرصة لإعادة الاستجواب المباشر(١)، يليها إعادة استجواب الدفاع للشهود(٢).

الكلمة الافتتاحية للدفاع: هل يمكن لخمسة احتمالات أن تمثل أكثر من احتمال؟

سيبدأ المحامي «أ»، وهو ماهر في سيكولوجية النقض(٢)، بتهنئة ديفيد مكاي وريتشارد زار وزملائهما على مهارتهم التي لا تخفى على أحد في تحليل عينتهم من الحجر المريخي ALH 84001. ولأنه رحب الصدر، ربما حاد أيضا عن مبادئه ليثني على أولئك الذين عثروا على الحجر النيزكي وأظهروا أصله المريخي، وزودونا بأقدم صخرة كوكبية عُثر عليها ضمن المجموعة الشمسية. وعلى أي حال، يصر الدفاع على أن العمليات غير البيولوجية هي أكثر احتمالا بكثير من الكائنات الحية لأن تنتج الدليل الذي يزعم الادعاء أنه يثبت وجود حياة قديمة على المريخ.

يكمن جوهر حجة الادعاء في البنود الخمسة الرئيسية التي تميّز هذا الحجر النيزكي:

(١) إن الحجر المريخي ALH 84001 صخرة بركانية يبلغ عمرها أربعة بلايين ونصف البليون من السنين، والتي أثبت أصلها المريخي من دون مجال للشك المعقول.

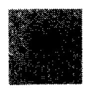
(٢) إن كريات الكربونات، التي تنشأ نمطيا في وجود مياه سائلة، تشكلت (في وقت غير محدد على وجه الدقة) داخل الشقوق الموجودة في هذه الصخرة، كما يتضح من أشكال بعض هذه الكريات.

(٣) عند حواف كريات الكربونات تماما، تظهر المجاهر الإلكترونية وجود بيضيات تشبه الحفريات المجهرية الأرضية، على رغم أن البيضيات أصغر من أي حفرية اكتشفت على الأرض.

(٤) تحتوي الكريات على معادن مغناطيسية، وهي أكاسيد وسلفيدات الحديد، والتي تشبه تراكيبها وأشكالها منتجات بعض البكتيريا الموجودة على الأرض.

(٥) تظهر الجزيئات العضوية المسماة بالهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات (PAHs) بصورة تفضيلية داخل كريات الكربونات؛ وهي شبيهة بتلك الناتجة عن تحلل الكائنات الحية على الأرض.

يقول رئيس محامي الدفاع إننا قبل أن ندرس هذه البنود بالتفصيل، علينا أن نطرح سؤالا جوهريا: فإذا، كما يبدو أن الادعاء يعترف بذلك، لم يكن أي من هذه البنود الخمسة يزودنا في حد ذاته بدليل مقنع على وجود حياة

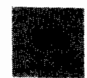


قديمة على المريخ، فما الذي نكسبه من العثور على خمسة «احتمالات» في الحجر المريخي ALH 84001؟ وهل جمع هذه «الاحتمالات» بعضها إلى بعض ينتج عنه في النهاية أمر «مرجّح»، كما حاول الادعاء أن يثبت في مقالتهم المنشورة في مجلة «ساينس»؟ ألن يكون أكثر دقة أن نقول إن القفاز ربما كان مملوكا للمدعى عليه defendant، لكن هذا لا يمكن إثباته؟ فإذا كان لدى المدعى عليه متسع من الوقت ليرتكب الجريمة، فإن أحدا لم يره في مسرح الجريمة؛ وإذا كان الدليل المستمد من الدنا (DNA) (٤) يثبت وجود المدعى عليه في الموقع، فربما زرع الدليل هناك؛ وإذا كان سلوك المدعى عليه بعد الجريمة متوافقا مع الإثم الذي اقترفه، فقد يكون هذا ناتجا عن تشوش عقلي حقيقي؛ وإذا كان المدعى عليه مشغولا بإخفاء الدليل في منزله، فإن أحدا لا يمكنه أن يثبت ذلك بصورة مقنعة، فإذا لم يكن هناك دليل واحد يحمل بين طياته عبء الإثبات، فكيف يمكننا أن نجزم بصورة معقولة بأن مجموع تلك الأدلة يحقق هذا الهدف على الرغم من ذلك؟

ليست هناك إجابة سهلة على هذا السؤال. ومثل المحلفين الجنائيين، يجب على كل منا أن يقرر ما إن كانت إضافة المزيد من الاحتمالات تجعل النتيجة أكثر من مجرد احتمال. وعلى أي حال، يمكننا أن نتفق على أن السؤال الجوهري يبقى متعلقا بكيفية حكمنا على كل دليل منفرد قبل جمعها بعضها مع بعض. ولذلك، سيقول المحامي «أ»: دعونا نلق نظرة على الأدلة الخمسة الرئيسية، ونرى ما إن كنا سنتفق على أنها غير مُقنِعَة.

تبدو التفسيرات غير البيولوجية معقولة على الأقل مثل تلك البيولوجية

سيبدأ المحامي «أ» بمحاولة التملص بخفة من النقاط الخمس التي أوردها الادعاء كأدلة على وجود الحياة. أولا، يتفق الجميع على أن مصدر الحجر المريخي ALH 84001 هو المريخ، وأن عمر تكوّنه يرجع إلى ٤,٥ بلايين سنة، لكن هذا لا يخبرنا بشيء عما إذا كانت الصخرة تحتوي، على علامات دالة على وجود الحياة. ثانيا، فعلى الرغم من أن الادعاء لم يثبت أن كريات الكربونات الموجودة في الصخرة تكونت في وجود مياه سائلة، فسنفترض أنهم فعلوا ذلك. وحتى الادعاء لا يزعم أن ذلك يقدم دليلا قاطعا على وجود الحياة، نظرا إلى أن كريات الكربونات تتكون على الأرض بسهولة شديدة تحت الظروف الطبيعية، غير البيولوجية. إن وجود المياه



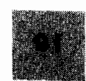
السائلة يشير فقط إلى أنه كانت هناك فرصة لظهور الحياة على المريخ؛ وسيكون من الجيد أن نتأكد من أن الكربونات ظهرت نتيجة لنشاط بيولوجي، لكن الادعاء عليه توفير دليل مباشر على أن هذا قد حدث بالفعل. أما البند الثالث، وهو الصور المكبرة التي التقطت بالمجاهر الإلكترونية (٥)، فهي مفعمة بأشكال خلابة، لكنها لا تخبرنا بأي شيء عن التركيب الداخلي لهذه البيضيات، كما أن التعرف على وجود جدر خلوية cell walls يعد من بين العلامات المطلوبة والمؤكدة على وجود حياة أحفورية fossil life على الأرض. ومن المحتمل تماما أن تكون البيضيات قد تكونت، مثلما تفعل هذه التراكيب في كثير من الأحوال، من ترسبات معدنية تراكمت من دون وجود الحياة. ولا يمكن لأي مختص بالبيولوجيا القديمة أن يتجرأ على تعريف أجسام ما على أنها حفريات، وخصوصا أجساما بهذا الصِغَر المذهل، على أساس أشكالها فقط. وهنا يقوم المحامي «أ» بتذكير المحكمة بالتفكير في الوقت الذي استغرقه علماء البيولوجيا القديمة لشرح الحياة القديمة على الأرض: فقد انقضت ثلاثة عقود قبل القبول بصورة عامة بأن عمر الحياة على الأرض يرجع إلى ٣,٥ بلايين سنة. رابعا، يمكن بالمثل تفسير وجود كل من أكسيد الحديد وسلفيد الحديد في الكربونات من دون الاستشهاد بوجودٍ الحياة، على الرغم من زعم الادعاء أن وجود الاثنين في المكان نفسه يشير إلى تصنيعها من قبل كائنات حية.

وأخيرا، فإن جزيئات الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات (PAHs) كما يعلم الكل أو سيعلم لاحقا ـ تظهر في جميع أرجاء الكون من دون استحضار تأكيد أنها دليل على وجود الحياة.

تعود المجادلات التي كلفت بها محاميي الدفاع، في الحقيقة، إلى إدوارد أندرز Anders، وهو حجة في مجال الأحجار النيزكية والسنوات الأولى للمجموعة الشمسية، والذي أطلقت عليه اسم المحامي «أ»، ومن ج. وليام بيل شوف Schopf، والذي يمكن أن نسميه المحامي «ب»، وهو خبير بأوائل أنماط الحياة على الأرض. ولمصلحة كشف الحقائق كاملة، دعوني أشدد على أنه ليس من بين الطرفين المكتفين في المناظرة حول احتمال وجود حياة قديمة على المريخ، مَن عيّن نفسه للعب دور المحامي، وعلى أنني أعدت صياغة مناظراتهم. يقول شوف «من الخطأ تأكيد أنني على خلاف مع أولئك الأشخاص: مكاي، وجيبسون، وزار، وزملاؤهم. كل ما في الأمر هو أنهم مقتنعون بأن خمسة بنود من الأدلة تجعل الأمر مرجحا. أما أنا فأقول إنه محتمل، لكنه من المحتمل أيضا أنه لا توجد حياة هناك».

مثل السطر الأخير في مقالة فريق مكاي المنشورة في مجلة «ساينس»، والتي خلصت إلى أن هذه البنود الخمسة تعد «دليلا على وجود حياة بدائية على المريخ في بدايات تكوّنه، فإن تأكيد شوف أنه «ليس على خلاف مع أولئك الأشخاص»، يبدو مخادعا قليلا. فهؤلاء الأشخاص عرضوا حججهم حول احتمال وجود حياة قديمة على المريخ وهم مدركون تماما لحقيقة أنها تفتقر إلى كونها قاطعة لا تقبل الشك، بينما يتخذ شوف موقف المتشكك، على رغم تصريحه في المؤتمر الصحافي الذي عقد في السابع من أغسطس «أفضّل أن اعتبر الأمر مناقشة، وليس مناظرة». ونأتي الآن إلى قائد فريق الدفاع، إدوارد أندرز، الذي وضعته مع بيل شوف في جانب واحد فقط للتسهيل فيما يتعلق بتجميع ومقارنة مجادلاتهما. نقابل هنا رجلا لا يتردد في القول بأنه على خلاف مع مؤلفي المقالة المنشورة في مجلة «ساينس». يقول أندرز: «إن هذا عمل نصف مكتمل كان من الواجب عدم نشره». من هذا الرجل الذي لا يتجمل في التعبير عن آرائه؟

يقول توبياس أوين Owen، وهو بدوره حجة في علوم الكواكب «كان أندرز هناك منذ البداية. وربما كان أفضل الخبراء في كيمياء الأحجار النيزكية، وهو الذي أظهر أن العلامات الدالة على وجود حياة في حجر أورجيل النيزكي ما هي إلا تلوث من الأرض. وبطبيعة الحال، كان أندرز هو الذي عرض أن يأكل الغبار القمري moon dust». في أواخر عقد الستينيات من القرن العشرين، قبل أول هبوط على القمر، نشب خلاف حول المخاطر المحتملة لجلب الغبار والصخور من مركباتنا الفضائية إلى الأرض. وعلى الرغم من افتقار القمر شبه التام إلى المياه وإلى غلاف جوي خاص به، ناهيك عن حرارته التي تتراوح بين الغليان والتجمد، والتي تقع على بعد كبير من المدى range، الذي يمكن أن تبقى فيه الكائنات الحية الأرضية على قيد الحياة، فإن بعض العلماء - يقودهم كارل ساجان - كانوا يعتقدون أننا يجب ألا نغفل احتمال أن تحتوي تربة القمر على كائنات حية يمكنها أن تضر بنا أو ببيئتنا. عندما أعلنت وكالة «ناسا» إجراءاتها المتنوعة للحجر الصحي(٦) على رواد الفضاء وعينات التربة حتى يثبت خلوها من التلوث، حرر أندرز - يدفعه مبدأ أساسي مفاده أن أي حياة من خارج الأرض يمكنها أن تتفاعل مع الحياة على الأرض، يجب أن توجد تحت ظروف مشابهة، على الأقل بصورة ما، لتلك الموجودة على كوكبنا - خطابا إلى جريدة نيويورك تايمز، يعرب فيه عن استعداده لابتلاع بعض من عينات الغبار القمري الأولى. وكما اتضح



فيما بعد، لم يتناول أندرز شيئا من القمر، بينما أتيحت الفرصة للعينات لإصابة الأرض بالعدوى، لكنها لم تفعل ذلك حتى الآن، على الرغم من الاحتفاظ بها في بداية الأمر تحت ظروف معقمة sterile.

الكربونات، والمعادن المغناطيسية، والهيدروكربونات الأروماتية عديدة الحلقات، غير البيولوجية

بعد أن درس إد أندرز المقالة المنشورة في مجلة «ساينس» لبضعة أسابيع، خلص إلى أن مكاي وزملاءه قد بالغوا في قضية الحياة على المريخ. وكما هو معتاد ضمن الإطار العلمي، كتب أندرز نقدا مطولا، وجهه في هذه الحال إلى محرري مجلة «ساينس»؛ ولأغراضنا نحن، يزودنا هذا الخطاب بمذكرة ضد الاستنتاج القائل بأن الأدلة التي يحتوي عليها الحجر النيزكي ALH 84001 تثبت أن المريخ كان يؤوي على سطحه حياة قديمة.

وعلى عكس قضية حجر أورجيل النيزكي، التي يعتقد أن الخطأ الحاسم فيها نتج عن الفشل في اكتشاف تلوث الدليل، فإن اختلاف أندرز مع مكاي وزملائه يتعلق بالكامل بتفسير الاستنتاجات المستوحاة من الدراسة المتأنية للأدلة. يقول أندرز «كان حجر أورجيل النيزكي ينطوي على معطيات سيئة وتفسير سيئ. والآن لدينا معطيات جيدة وتفسير سيئ. وكل ما فعلوه هو إظهار أن البيانات تتوافق مع أصل بيولوجي. لكن على المرء أن يضع البدائل في اعتباره. عليك ألا تعتمد وجود أصل بيولوجي حتى يمكنك أن تستبعد التفسيرات الأكثر واقعية، وبالتالي الأكثر جدارة بالتصديق».

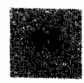
وتحاول حجة أندرز أن تتخلص أولا من فكرة أن أقرب تفسير لتركيب كريات الكربونات هو وجود عمليات بيولوجية . ويلفت انتباهنا إلى حقيقة أن مكاي وزملاءه لاحظوا أن الكربونات المحتواة في الحجر النيزكي ALH 84001 تظهر تباينا variation في نوعها من مكان إلى آخر داخل الكريات المنفردة؛ فتحتوي الأجزاء الداخلية من الكريات على كربونات غنية بالكالسيوم والمنجنيز، بينما تحتوي الأجزاء القريبة من الحافة على كربونات غنية بالحديد والماغنسيوم.

وعثر أندرز على تفسير لهذا، يكمن في العمليات غير البيولوجية التي يمكنها تكوين الكربونات. عندما تتكون الكربونات في وجود مياه سائلة، فهي تفعل ذلك لأن الماء يحتوي على ثاني أكسيد الكربون المذاب، والذي يوفر كلا من الكربون

والأكسجين الموجود في الكربونات، بالإضافة إلى الحديد، أو الماغنسيوم، أو الكالسيوم، أو المنجنيز، والتي تتحد مع الكربون والأكسجين لتكوين معادن كربوناتية وإذا وجد الماء يوما على سطح المريخ، مع بعض ثاني أكسيد الكربون المذاب فيه، تبخر ثاني أكسيد الكربون تدريجيا، محدثا فقاقيع عند وصوله إلى السطح، تماما كما تفعل فقاقيع ثاني أكسيد الكربون في «المشروبات الغازية». وهنا يحث أندرز المحلفين على التفكر فيما حدث عندما غادر ثاني أكسيد الكربون الماء ليدلف إلى الغلاف الجوي للمريخ: لابد أن حموضة الماء قد تغيرت، لأن ثاني أكسيد الكربون عند ذوبانه في الماء يصير حمضا ضعيفا. ويعلم الكيميائيون أنه مع تغير حموضة الماء، فإن الكربونات الغنية بعناصر مختلفة مثل الكالسيوم أو الحديد أو الماغنسيوم أو المنجنيز سيجري ترسيبها تفاضليا preferentially تحت ظروف متباينة من الحموضة. ولذلك، يمكن للمحامي «أ» أن يقول بأنه ليس ثمة أمر مستغرب في اكتشاف وجود «تمنطق» zoning في ترسبات الكربونات، مع كون الكربونات الغنية بالحديد والماغنسيوم أقرب إلى حواف الكربونات عن الكربونات الغنية بالكالسيوم والمنجنيز. وهذا هو بالضبط ما نتوقعه في موقف من الحموضة المتغيرة الناتجة عن تحرر ثاني أكسيد الكربون من الماء.

وبالنسبة إلى وجود كل من أكسيد الحديد وسلفيد الحديد في الكريات، يشير أندرز إلى أن أقدم الأحجار النيزكية وأكثرها بدائية في المجموعة الشمسية، وهي الكندريت الكربوني carbonaceous chondrite، كثيرا ما تحتوي على معادن مغناطيسية مشابهة. ولا يمكن لأحد أن يجزم بجدية بوجود كائنات حية في الكندريت الكربوني (على رغم أنه في ضوء الأخبار المتعلقة بالحجر النيزكي ALH 84001، يمكن أن يطرح هذا الجزم أيضا). ويعلق أندرز على ذلك بقوله إنه لكي نتأكد من الأمر، نجد أن الماجنيتيت (أكسيد الحديد) الموجود في الكندريت الكربوني لا يظهر داخل ترسبات الكربونات، لكن قضية وجود حياة لا يمكنها الاستناد إلى هذه الجزئية وحدها. فإذا تغيرت حموضة الماء، يجب ألا نندهش لوجود كل من الكربونات والمعادن المغناطيسية، حتى وإن كان كل منها ينزع إلى التكوّن تحت ظروف مختلفة من الحموضة.

ماذا إذن عن أشكال المعادن المغناطيسية، التي يبدو أنها مفعمة بذكريات المعادن المغناطيسية magnets التي تنتجها البكتيريا على الأرض، على الأقل بالنسبة إلى بعض أولئك الذين يجادلون لإثبات وجود علامات على وجود حياة قديمة في



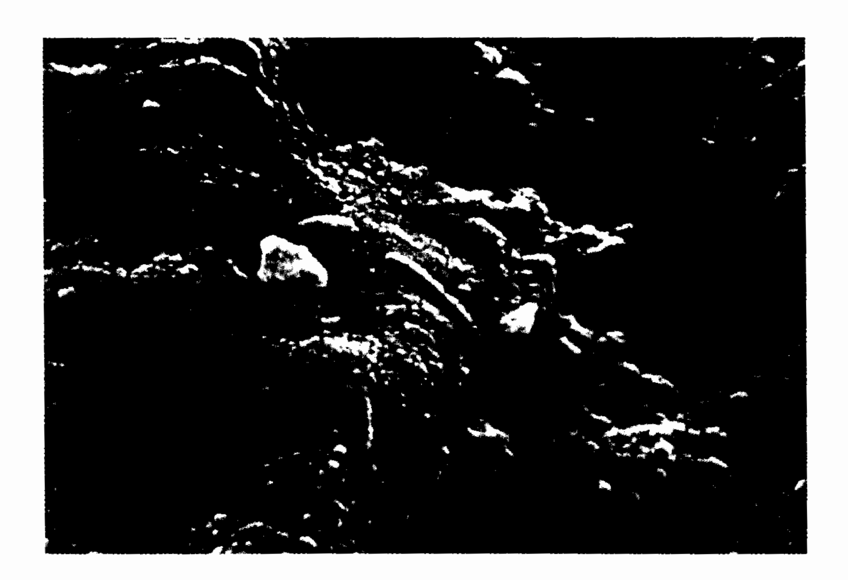
الصخرة المريخية؟ وفي خطابه الموجه إلى مجلة «ساينس»، أشار أندرز بقوة إلى أن «هذه الأشكال الشبيهة بالنقانق [للمعادن] لا يمكن إدراجها تحت أي تصنيف مورفولوجي[٧] معروف». كما يمكن أن يذكر المحامي «أ»، لا يمكننا، ببساطة، التعرف على هذه الأشكال على أنها مطابقة لمثيلاتها في «بكتيريا الانتحاء المغناطيسي». بالإضافة إلى ذلك، فلم يجر أحد مقارنة متأنية بين أشكال حبيبات المعادن المغناطيسية، ومثيلاتها في الحبيبات المغناطيسية المشابهة الناتجة عن عمليات غير بيولوجية على الأرض. ولذلك، حسب استنتاج المحامي «أ»، فإن المعادن المغناطيسية لا تخبرنا بشيء عن وجود حياة قديمة على المريخ.

وأخيرا، فقد يشير المحامي «أ» إلى أن أي محاولة لتفسير وجود المعادن المغناطيسية على أنها صنعت بواسطة بكتيريا موجودة على المريخ ، عليها مواجهة حقيقة أن للمريخ مجالا مغناطيسيا بالغ الضعف، وهو من الوهن بحيث لم يجر قياسه بدقة حتى الآن. وفي غياب المغناطيسية magnetism الشبيهة بتلك الموجودة على الأرض، يبدو أنه من غير المجدي للبكتيريا أن تطوّر حبيبات مغناطيسية ضئيلة، إذا لم يكن هناك ما يمكن أن تستجيب له هذه الحبيبات بصورة فعالة.

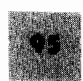
وعند الرجوع إلى الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات، الموجودة في كريات الكربونات، لا يبدي أندرز أي هوادة، على رغم أنه يثني على فريق «مختبر زار» لمهارتهم في التعرف عليها، والتأكد من أن الحجر النيزكي ALH 84001 لا يحتوي إلا على عدد قليل من ضروب الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات. وبالعودة إلى تجارب أجريت لأول مرة في العام ١٨٦٨، يشير أندرز إلى أنك إذا قذفت بجزيئات الميثان - والتي يتكون كل منها من أربع ذرات من الهيدروجين مرتبطة بذرة واحدة من الكربون - عبر ماسورة بندقية ساخنة، فسرعان ما تشم رائحة النفثالين naphthalene، وهو نوع معروف جيدا من الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات، ويستخدم في المركبات الواقية من العثة mothproofing، ويتكون نتيجة لتفاعل جزيئات الميثان وثاني أكسيد الكربون. وتؤكد التجارب الحديثة أن الميثان الساخن عندما يتفاعل على أسطح غنية بالحديد يمكن أن تنتج عنه الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات، وكثيرا ما لا ينتج عنه سوى عدد قليل من الأنواع السائدة للهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات. ويخلص أندرز إلى أنه «بالنسبة إلى توزع عالي التطور للهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات [أي توزع يحتوي على أنواع قليلة

للغاية من الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات] مثل ذلك الموجود في الحجر النيزكي ALH 84001، ليس ثمة سبيل إلى تفريق مصدر بيولوجي عن آخر غير بيولوجي [لا أحيائي]».

وهكذا، سيقول المحامي «أ»، إننا تخلصنا من أربعة من أصل خمسة أدلة يزعم الادعاء أنها تشير إلى وجود حياة قديمة على المريخ. ولا يترك لنا هذا سوى أكثر الأدلة قبولا من الناحية البصرية، وهي الحفريات المجهرية microfossils المفترضة، أو نظرا إلى صغر حجمها المتناهي، يمكن أن نطلق عليها اسم الحفريات النانوية nanofossils. ويمكنه أن يقول: دعوني أذكّر المحلفين بأنه لا توجد حفريات أرضية لا يزيد قطرها على ١٠ أو ٢٠ نانومترا، ولا طولها على ١٠٠ أو ٢٠٠ نانومتر. ويمكنه أن يستطرد قائلا: لكن زميلي المحامي «ب»، والذي هو أكثر خبرة مني في مجال الحفريات المجهرية على الأرض، يمكنه أن يقدم حجة أفضل حول هذه النقطة بالذات.



إن منتصف هذه الصورة الملتقطة بالمجهر الإلكتروني الماسح لقطعة من الحجر النيزكي ALH 84001، يظهر جسما أنبوبي الشكل يذكّر بعض العلماء بالحفريات القديمة على الأرض. ويبلغ طول هذا التركيب نحو ٥٠٠ نانومتر (صورة وكالة «ناسا»).



تفسير البيضيات: حفريات نانوية أم زوائد من الكربونات؟

عندما يتعلق الأمر ببحث وتفسير الحفريات القديمة، فإن ج. وليام شوف يعد أحد أعظم خبيرين أو ثلاثة في العالم في هذا المضمار، وهو أستاذ البيولوجيا القديمة (الباليوبيولوجيا) ومدير مركز دراسة التطور وأصل الحياة بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس. و«شوف»، الذي ينطق اسمه بحرف «واو» قصير، في منتصف الخمسينيات من عمره حاليا، درس الجيولوجيا في جامعتي أوبرلين Oberlin وهارفارد خلال ستينيات القرن العشرين قبل أن ينضم إلى أعضاء هيئة التدريس بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس UCLA. وخلال الخمس والعشرين سنة الماضية، ظل شوف عاكفا على دراسة آثار الحياة التي تركت قبل بلايين السنين على الصخور الأرضية.

ومنذ زمن طويل، يحمل شوف الرقم القياسي للوصول إلى أكبر عمر موثق للحياة الأحفورية، وهو ٣,٥ بلايين سنة؛ ويبدو أن الاكتشافات الحديثة رفعت العمر الذي يحمل الرقم القياسي إلى ٣,٨ بلايين سنة. وتظهر حفريات شوف في القرارة الكلسية الطحلبية الطباقية [٨] (الستروماتوليت) stromatolite الموجودة في غرب أستراليا. والستروماتوليت هي صخور طباقية layered تتكون في وجود البكتيريا الزرقاء المخضرة. ومع تراكم الترسبات، تتضمن معها بقايا «جثث» البكتيريا الميتة، والتي تعطي الصخور مظهرها المميز. لكن شوف يقول «لن أثق بالستروماتوليت في حد ذاتها [كدليل قاطع على وجود الحياة]، لأنه يمكنك بناء تراكيب [صخرية] طباقية من دون أن تكون البكتيريا موجودة».

ما الذي يمكنه، إذن، أن يقنع شوف بأنه كانت هناك كائنات حية داخل صخرة يبلغ عمرها بلايين السنين؟ يقول شوف «إذا كانت لديك جمهرات populations من الكائنات الحية المجهرية التي حفظت خلاياها، وإذا كان في وسعك إظهار أن جدر الخلايا مصنوعة من مواد عضوية، وإذا كانت لديك جمهرات [أي خلايا من أنواع مختلفة تظهر أدلة على الانقسام الخلوي Cell division]، مثل تلك الكائنات الحية التي نعرفها اليوم، عندئذ لن يكون هناك أي شك».

يقول توبياس أوين، من جامعة هاواي «يشبه الأمر هنا محاولة إثبات حدوث خيانة زوجية adultery؛ فإما أن تقبض عليهما بالجرم المشهود

flagrante delicto، وإما أنه لا يوجد دليل مقنع». عند تطبيق اختبار شوف هذا، يتفق الجميع على أن الدليل المتضمن في الحجر النيزكي ALH 84001 لا يقدم لنا دليلا قاطعا على وجود الحياة.

وعند مواجهته «بالحفريات النانوية» التي ترى في صور المجهر الإلكتروني التي التقطها ديفيد مكاي ومعاونوه، تصاعدت حدة شكوك شوف، لكنه لم يفقد شيئا من كياسته الرصينة. وعلق عليها قائلا: «تبلغ أقطار هذه الأجسام نحو ٢٠ نانومترا، وهو حجم الريبوسومات نفسه تقريبا». والريبوسومات ribosomes، وهي مواضع تخليق البروتينات في الخلايا الحية، تتكون من جزيئات من البروتين والرنا[٩] المتشابكة بطريقة معقدة؛ وهي مكونات مهمة للحياة لكنها ليست الحياة ذاتها. «ليست [البيضيات] أصغر بعشر مرات، بل إنها أصغر بمائة إلى ألف مرة من الحفريات المجهرية التي نعرفها، والتي تعود إلى العصر ما قبل الكمبري[١٠]. وحتى الخلايا البكتيرية الصغيرة تحتوي على عدد كبير من الريبوسومات، بالإضافة إلى المتقدرات [١١] وأنواع الأشياء الأخرى كافة».

سنلتقي فورا بمحاولة المحامي «س» لتناول هذا الموضوع، التي تطرح السؤال الآسر، كم من الصغر يبلغ حجم أصغر كائن حي؟ يقول شوف «لست أدري ما حدود الحياة بالنسبة إلى الحجم، لكن هذه ليست القضية الحاسمة هنا. فلا أحد يدري إن كانت [الحفريات النانوية] حفريات بالفعل أم لا. لِمَ لا؟ لأن أحدا لم يقدم البيانات التي يمكن الاستدلال بها. فليست هناك بيانات عن تركيبها الكيميائي: مم تتكون؟، وليس هناك دليل على أنها مكونة من مواد عضوية. وإذا كانت مكونة بالكامل من الكربونات، فهي ليست حياة. كما أن أيا منها لا يبدو مكسورا، أو يبرز خارجا من الصخرة أو داخلا فيها، كما يمكن أن تتوقع إذا كانت حية في يوم ما. وهذه عبارة عن بنى نحيلة ضئيلة الحجم. ولا يبدو أي منها مشوها deformed، لكننا عندما نمعن النظر في الحفريات الأرضية الموثقة، فإن ما لا يزيد على ٠,١٪ منها يمكن رؤيته بوضوح يكفي لتفسيره والتعرف عليه. وهذا في نظري غريب».

لماذا لم يحاول الباحثون تعيين التركيب الكيميائي للحفريات النانوية؟ يقول شوف: «بالنسبة إلي، السبب واضح، وليس هناك ما يدعو إلى الخجل بشأنه: فهؤلاء الناس هم مجموعة من الجيولوجيين والمختصين في علم المعادن،

وليسوا من البيولوجيين. هذه مشكلة تعليمية educational؛ فعلماء الفيزياء لا يعلمون شيئا عن البيولوجيا، والعكس صحيح». وعلى وجه الخصوص، يصر علماء البيولوجيا على شق التراكيب البيضوية لمعرفة ما إن كانت مجوفة، وبالتالي أكثر احتمالا لأن نمد بقايا خلايا كانت تحتوي على سوائل الحياة، كما تفعل خلايانا. ويعلق شوف على هذه النقطة قائلا «من الناحية التقنية، هذا أمر بالغ الصعوبة؛ فمن أجل تعيين البنية الداخلية والتركيب الكيميائي للحفريات النانوية، يتعين على خبراء المختبرات غمرها في مادة الإيبوكسي [١٢]، وعزلها عن بقية الحجر النيزكي، وتقطيع الإيبوكسي إلى شرائح رقيقة بمنشار من الألماس، ثم فحص الشرائح بمجهر إلكتروني ماسح» (تجري حاليا تجارب لعمل ذلك في مركز جونسون للفضاء؛ أما إذا كانت ستنجح وما الذي ستكشف عنه، فهي أسئلة متروكة للمستقبل).

أما بالنسبة إلى الوقت الراهن، يظل شوف على شكه المبرر تماما. ويقول: «إن القاعدة التي أومن بها هي تلك المستخدمة في عمليات الحد من التسلح: تحلّ بالثقة، لكن تحقّق من الأمر. أعتقد أن هذه الملاحظات دقيقة تماما، فقد وصف [الباحثون] ما رأوه بصورة ممتازة، لكن هل يستطيع أحد أن يفسر النتائج على أنها علامات حاسمة على وجود الحياة؟ لا! فقد يكون الكوب نصف ممتلئ ونصف فارغ، لكن أحدا لا يقول بأنه يفيض بما فيه. والسؤال الوجيه بالفعل هنا هو: إذا كانت هذه الأسطر الخمسة قد وجدت في صخرة على الأرض، فهل يعني هذا أنه دليل على وجود حياة؟ مطلقا. ففي الحقيقة، سيكون من الصعب نشر هذه المقالة [لأن العلماء الذين راجعوها كانوا سيطلبون إجراء المزيد من الأبحاث].

إعادة الاستجواب المباشر: الحجم الأدنى للحياة وبعض الأمور الأخرى

خلال الصولات الطويلة لهذه القضية بين المحاميين «أ»، و«ب»، احتفظ المحامي «س» بصمت رزين [١٣] (في الواقع، إن أي شيء آخر قد يتعرض لرقابة المحكمة)، لكنه ينهض الآن ليفند الحجج التي ساقها الادعاء في الاستجواب. وهو يختار بحكمة ألا يعيد مناقشة موضوع كيف يمكن للمحلفين الجمع بين البنود الخمسة المنفردة من الأدلة، مشيرا إلى أن حجة الادعاء بوجود الحياة يجب أن تستند إلى أو تعتمد على كيف يمكن لمجموع الأدلة أن

يقنع أولئك الذين يمحصونه. وباستخدام استراتيجية قانونية أثبتت نجاعتها على مر السنين، يستغل المحامي «س» أضعف نقطة في حجة المعارضة، وهي القول بأن الأشكال البيضوية التي ترى عند حواف كريات الكربونات أصغر من أن تكون بقايا خلايا حية.

وهو يطلب من المحلفين ملاحظة أن المحامي «ب» يعترف صراحة بأنه لا يدري كم يبلغ الحد الأدنى لحجم الكائنات الحية. ونتيجة لذلك، سيعتمد على حقيقة أن جميع أشكال الحياة الأرضية التي درسها ـ أي الحفريات التي ترجع إلى السنوات الأولى من عمر كوكبنا ـ توجد فقط بأحجام أكبر بكثير من أحجام البيضيات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001 . وبالنسبة إلى المحامي «ب»، يظهر هذا أنه من غير المرجح أن البيضيات كانت من قبل خلايا. والآن، لدينا طريقتان على الأقل لتفنيد الجزم بأن البيضيات صغيرة للغاية. سيتعين على أحدهما أن يثبت أن خلايا بسيطة بحجم البيضيات يمكن أن توجد نظريا، بينما يتعين على الآخر إظهار أن هذه الخلايا توجد بالفعل أو أنها كانت موجودة على الأرض.

وفيما يتعلق بالجانب النظري، يتفق جميع الخبراء على أن ما تحتاج إليه الخلية، في أقصى حدوده الدنيا، يجب أن يكون غشاء membrane يغلفها، وعلى الأقل بضعة آلاف من الجزيئات المعقدة في داخلها. إن ما نعرفه عن الذرات وتفاعلاتها الكيميائية ينطوي بداهة على أن الغشاء القادر على أداء الوظيفة الأساسية للتقييد المكاني spatial limitation يجب أن يكون سُمكه ١٠ نانومترات على الأقل، أو قريبا من هذه القيمة. ويعني هذا أن أي خلية يجب أن يكون سمكها ٢٠ نانومترا (لوجود الغشاء على كل من جانبيها) بالإضافة إلى أي مساحة داخلية تكون مزودة بها، ولنقل ٢٥ إلى ٣٠ نانومترا على الأقل. ويبدو أن سُمك الكثير من البيضيات يقترب من هذه القيمة، كما يصل طول بعضها إلى ٢٠٠ نانومتر. ويمكن لألف أو ألفي جزيء معقد على الأقل أن يوجد ضمن أسطوانة طولها ٢٠٠ نانومتر، مع مساحة داخلية يبلغ قطرها ٥ نانومترات، تسمح بوجود جانبين عرض كل منهما ١٠ نانومترات لأسطوانة عرضها ٢٥ نانومترا. و قد يكفي ألف أو ألفان من الجزيئات المعقدة بالنسبة إلى أبسط الخلايا الحية، والتي تكون عندئذ أكثر بساطة بكثير من أي شيء نجده على الأرض، حيث إن أبسط الخلايا محملة بمصانع لتخليق البروتينات وغيرها من المركبات الجزيئية البالغة التطور. وباختصار، فلا يمكننا الحكم بعدم قبول البيضيات كخلايا محتملة على أساس أحجامها وحدها.

وفي حقيقة الأمر، يستطرد المحامي «س»: نحن نعرف نوعا من البكتيريا الموجودة على الأرض، اسمها الكوكسيلة [١٤]، والتي تتراوح أطوالها بين ٢٠٠ و٤٠٠ نانومتر، وهي تشبه مثيلاتها في البيضيات كثيرا. ولكي نتيقن علينا أن نعلم أن بكتيريا الكوكسيلة ليست ضيقة narrow مثل البيضيات، لكن طولها أكبر من عرضها بكثير، وهذه ليست حفريات، وإلا لكان اكتشافها أكثر صعوبة بكثير، بل كائنات حية مجهرية. فإذا كان في وسع بكتيريا الكوكسيلة أن تبقى حية على الأرض، كما هي الحال بالفعل (بل إنها تعيش بجودة تمكنها من التسبب في حدوث الأمراض في الإنسان، مما يفسر سبب كونها قد دُرست بعناية فائقة على رغم أحجامها الضئيلة)، كيف يمكننا استبعاد البيضيات كخلايا قديمة محتملة؟ ونحن نعلم أيضا أن البكتيريا توجد على عمق ميل أو ميلين تحت مستوى السطح في الصخور البازلتية لنهر كولومبيا بولاية واشنطن الأمريكية، من دون اتصال من أي نوع كان مع بيئة السطح. عندما تصبح الظروف قاسية على وجه الخصوص، يمكن للعديد من هذه البكتيريا أن تخفض مستوى استقلابها [١٥] وتتكمش عن أحجامها الأصلية، التي يبلغ قطرها ميكرونات قليلة، إلى عُشر واحد فقط من هذه الأحجام، في محاولة منها للتعامل مع الجوع الشديد. وتبقى هذه «البكتيريا القزمة» بالكاد حية عن طريق خفض معدلات الانقسام الخلوي لديها إلى مرة كل قرن من الزمن أو حتى أطول.

يقول المحامي «س»: «قبل أن أنتقل إلى موضوع آخر...»، ناسيا أنه عرض الاقتصار في تعليقاته على موضوع واحد هو الحجم الأدنى للكائنات الحية، «... دعوني أوضح للمستشار الممتاز للدفاع، أننا لا نناقش إمكان الحياة على المريخ الآن، بل ما إن كانت هناك حياة على المريخ قبل بلايين السنين من الآن. وعلى رغم أن المريخ اليوم يمتلك مجالا مغناطيسيا غاية في الضعف، يتفق جميع الخبراء على أن المريخ ربما فقد بسهولة مجاله المغناطيسي الأصلي عندما انخفضت درجة حرارة هذا الكوكب وبالتالي تصلّب لبه الذي يفترض أنه غني بالحديد. وبصراحة تامة، نحن لا ندري كم كانت قوة هذا المجال قبل بضعة بلايين من السنين، كما أن فهمنا لكيفية توليد الكواكب واحتفاظها بمجالاتها المغناطيسية أمر غير مؤكد، مثله في ذلك مثل معرفتنا بكيفية نشوء الحياة. لكننا لا نستطيع نبذ الحجة المتعلقة ببكتيريا الانتحاء المغناطيسي على

أساس مكوّن مجهول، وهو مدى قوة المجال المغناطيسي وقت تشكّل هذه الكربونات العتيقة». بعد ذلك، سيقول المحامي «س»: دعوني أوضح أيضا أننا عندما نعثر على ماجنيتيت غير بيولوجي على الأرض، مثل الموجود في تدفقات الحمم lava flows، فإنه عادة ما يختلط بعض التيتانيوم [١٦] مع الماجنيتيت. أما البكتيريا التي تصنّع الماجنيتيت فلا تخلطه مع التيتانيوم، كما أننا لا نجد التيتانيوم مختلطا بالمعادن المغناطيسية الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001.

وإذا سمحتم لي سأناقش نقطة واحدة أخرى، سيقول المحامي «س»، بينما يحاول زملاؤه الأصغر سنا جذبه بقوة إلى مقعده قبل أن يستنزف انتباه المحلفين تماما: دعوني أتناول محاولة زميلي المتميز لرفض الدليل الذي تنطوي عليه الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات (PAHs)، على أنه مجرد مثال آخر على ما نجده في جميع أرجاء الكون. إن الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات (PAHs)، والتي يسلّم حتى الدفاع بأنها ليست ناتجة عن تلوث ـ لا في المختبر ولا في أثناء وجود الحجر النيزكي في الجليد، ليست مثل الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات الموجودة في الأحجار النيزكية الأخرى، أي النوع الذي لم يزر المريخ في يوم من الأيام. إن توزيع أنماط الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات الموجودة في كريات الكربونات غير متوافق مع تلك الأنماط الموجودة في الأحجار النيزكية العادية ـ لكنه متوافق مع الأنماط التي تظهر عند تحلل البكتيريا. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن نأخذ بعين الاعتبار موضع الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات، والتي تتركز في كريات الكربونات، وبالتحديد ضمن أجزاء معينة من هذه الكريات. وحتى المحامي «أ»، وهو المدافع البارز عن كون أصل هذه الجزيئات غير عضوي، يوافق على أنه ليس على علم بأي عملية غير بيولوجية يمكنها التسبب في حدوث ذلك.

في وسعي الاستمرار، يضيف المحامي «س»: لكنني أخاطر عندئذ بأن أرهق صبركم. دعوني أختتم حديثي باقتراح أنه عندما يكون لديكم خمسة بنود من الأدلة، يتوافق كل منها مع وجود حياة قديمة على المريخ، فهي تزودنا معا بحجة ترجح وجود الحياة، أقوى بكثير من أي منها منفردا. وبطبيعة الحال، يجب على كل منكم أن يحكم على الأمر بنفسه، لكني أحثكم على التوصل إلى قرار بشأن الحياة على المريخ.

إعادة استجواب الشهود: الحرارة التي تكونت عندها كريات الكربونات

ينهض المحامي «أ» محاولا استغلال فرصته الأخيرة لعرض الدليل، ويعيد المحلفين إلى سؤال: كيف تكوّنت كريات الكربونات ذات الأهمية البالغة داخل الحجر النيزكي المريخي؟ غير مبال باعتراض الادعاء بأنه لا يمكن تقديم أدلة جديدة الآن، ويحيل المحلفين إلى الدراسات التي أجريت على الكربونات من قِبَل رالف هارفي Harvey وهاري مكسوين الابن McSween, Jr.، وهما جيولوجيان في جامعة كيس ويسترن ريسرف وجامعة تنيسي على الترتيب، ويعدان من الخبراء في تأويل interpretation المعادن التي توجد في الأحجار النيزكية.

قبل شهر واحد من ظهور أخبار الحجر النيزكي ALH 84001، نشر هارفي ومكسوين مقالة في مجلة «نيتشر» حللا فيها تركيب الحجر النيزكي، الذي كان يحظى بالفعل باهتمام كبير كأقدم صخرة مريخية معروفة. وفي تناقض مباشر مع أبحاث كريس رومانيك وزملائه، استنتج هارفي ومكسوين أن الكربونات لم تتكون عند درجات حرارة تتراوح بين صفر و٨٠ درجة مئوية، بل عند درجات حرارة تزيد على ٦٥٠ درجة مئوية (١٢٠٠ درجة فهرنهايت). واقترح هارفي ومكسوين أن الكربونات نشأت عندما تسبب اصطدام هائل بالمريخ في أن تلتقي صخرة غنية بالسليكا، وهي ذات تركيب مشابه لأحجار البازلت basalt التي تتكون من المواد التي تقذف بها البراكين، مع سوائل تحمل كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون. وتحت الظروف الملائمة، يمكن لمثل هذا اللقاء أن ينتج كربونات بها أشرطة bands ملونة شبيهة بتلك التي تظهرها الكريات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001. وإذا كانت الكربونات قد تكونت بهذه الطريقة، كما يجادل المحامي «أ»، فلن يصدق أحد أن لها أي علاقة بالحياة. سنتغاضى عن المحاولات المستميتة للمحامي «س» لدحض هذه الحجة من خلال قياسات أعداد النظائر المختلفة، التي يدَّعي بعض العلماء أن في وسعها الكشف عن درجة الحرارة التي تكونت عندها الكربونات. إن الحجج معقدة، ومملة نسبيا، كما أنها لا تقنع أولئك الذين يمكنهم ترتيب حجج مضادة، مثل المحامي «أ».

وفي الختام، كما يمكن أن يقول المحامي «أ» للمحلفين: دعوني أحثكم على الانتباه جيدا لحجج الادعاء بوجود حياة. ويشدد المحامي «س» على أن أنماط الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات (PAHs) الموجودة في الحجر

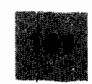
النيزكي ALH 84001، تتماشى مع تحلل البكتيريا. لكن هل أظهر هو أن هذه هي الأنماط المحددة من الهيدروكربونات الأروماتية العديدة الحلقات التي تتكون بالفعل عندما تتحلل البكتيريا؟ كلا، لم يفعل. لا تنخدعوا أيضا بالجملة المفضلة للادعاء «متوافقة مع وجود الحياة». تذكروا ما قاله شرلوك هولمز «عليك أن تستبعد الاحتمالات الأخرى قبل اعتماد استنتاج بعيد الاحتمال». فمن أجل استنتاج وجود حياة قديمة على المريخ، عليك أن تطلب وتتلقى دليلا على أنه يجب رفض جميع التفسيرات غير البيولوجية.

كم يبلغ عرض الهوة بين الادعاء والدفاع؟

ولتجنيب القارئ تلك الكلمات الختامية لكل من الادعاء والدفاع، التي ستلخص وجهتي النظر المتعارضتين فيما يتعلق بما «يضيف لاحتمال وجود حياة»، و«لا يمكنه دحض البديل»، يمكننا أن نتساءل عما إذا كانت المنظومة التي صنعناها بكاملها لا تساوي دمية قشية (١٧). هل العلماء الذين يدرسون الأدلة المستقاة من الحجر النيزكي ALH 84001 مختلفون حقا في الرأي إلى درجة أنه يمكن وصفهم بدقة على أنهم محامون يترافعون لمصلحة وضد استنتاج وجود حياة على المريخ؟

من أجل إثبات استنتاجاتهم، لا يلجأ العلماء إلى هيئة محلفين مكونة من ممثلين عن المواطنين، بل إلى أنفسهم فقط، أو ـ لنكن أكثر دقة ـ إلى أولئك المشتغلين بالموضوع قيد المناقشة. ولا يهدف العلماء إلى كسب القضية، بل إلى تقديم أدلة ونظريات تتحمل التمحيص الدقيق من قبل خبراء يعلمون بأن جزءا مهما من عملهم يتطلب تناول جميع الادعاءات بعين الشك. وعلى أي حال، فعند مستوى آخر، يعمل العلماء بالفعل كمحامين. فكل عالم ينجح أو يفشل حتى تثبت نتائجه أو نتائجها، وهذا يستلزم ـ في جميع الحالات باستثناء حالات نادرة للغاية ـ استعدادا للجدال دفاعا عن أفكاره الخاصة. وتحدث المجادلات وفقا لقواعد الاشتباك المفهومة جيدا، لكنها في الحقيقة مجادلات، وليست ندوات سرية ليس لها تأثير في المشاركين.

وحتى المعرفة السطحية باللاعبين الرئيسيين في المناظرة حول وجود حياة قديمة على المريخ تكشف عن مجموعة متباينة من الشخصيات ودرجات متفاوتة من الاستعداد للانخراط في الجدل. ويتوسع المجال ـ من ناحية أندرز على الأقل



- من الجانب العصبي المفعم بالحيوية، إلى العبارات الحذرة لبيل شوف، الذي وضعته متعمدا إلى جانب أندرز في فريق الدفاع. وبالمثل، يضم فريق الادعاء أنماطا متنوعة من المناقشات العلمية. ولا يجزم أي منهم بأن الأدلة تثبت أنه كانت هناك حياة على المريخ، وعلى رغم ذلك فمن السهل أن نتبين أن الكثيرين منهم يشعرون بوجود حياة سابقة هناك بالفعل، وبأن الحجر النيزكي ALH 84001 يقدم أدلة تدعم هذا الاعتقاد. ومن ناحية أخرى، يشعر كثير من العلماء بالثقة في أن الحجر النيزكي المريخي لا يحتوي على أدلة مقنعة بوجود الحياة، بينما يرى آخرون أن الموقف ضُخّم إلى درجة أوشك أن يصبح معها سخيفا.

سيكون أي عالم بيولوجي سعيدا بالقول بأننا إذا نظرنا إلى صخرة أرضية نمطية ذات عمر يتراوح بين بليونين وثلاثة بلايين من السنين، فمن غير المحتمل تماما أن نجد أي علامة دالة على الحياة فيها، ومع ذلك فنحن نعلم أن الحياة كانت مزدهرة في جميع أرجاء كوكبنا في ذلك الوقت. كما أن هذه صخور رسوبية sedimentary، تتكون تحت الماء وتتشكّل الحفريات داخلها ببطء. وليست هناك صخرة نارية igneous (بركانية) على الأرض، تحتوي على دليل أحفوري على وجود الحياة، ولا حتى واحدة. ولذلك، فإن العثور على دليل مقنع على وجود حياة قديمة على المريخ في صخرة نارية عمرها ٤,٥ بلايين سنة وتحتوي على كربونات تكوّنت قبل بلايين السنين سيكون بالفعل حدثا بعيد الاحتمال. إنني أشعر بالثقة في أن عبارات هذه الفقرة ستحظى بموافقة جميع العلماء المذكورين في هذا الكتاب. وكل ما يتبقى هو تحديد ما إن كان «بعيد الاحتمال» قد حدث بالفعل في الواقع.

ولتقييم احتمال وجود حياة قديمة على المريخ، علينا أن نخصص بعض الاهتمام لأقرب أقربائه، أي الحياة القديمة على الأرض. ولذلك سيتناول الفصل التالي من الكتاب أسئلة مثل كيف نشأت الحياة؟ وما الظروف التي يجب توافرها عموما لظهور الحياة؟ وإذا وصلنا إلى إجابة عن مثل هذين السؤالين، فسنقترب كثيرا من معرفة احتمالية الحياة، القديمة والحديثة كليهما، على المريخ أو أي كوكب آخر. وحتى القدر الضئيل الذي نعرفه بالفعل عن أصل الحياة، يمدنا بتبصرات insights قيمة عن احتمالات وجود حياة قديمة على المريخ.

5 أصل الحياة

إن اكتشاف وجود حياة خارج الأرض يعد حدثا مذهلا يثير العجب والروع بين أغلب البشر. وفيما وراء تأثيره العاطفي، فإن اكتشاف وجود حياة على ظهر كوكب آخر سيمكننا من أن نخطو خطوة عملاقة نحو حل قضية حيوية متعلقة بالحياة في الكون: ما مدى الشبه بين الحياة خارج الأرض وتلك الموجودة على الأرض؟

إن الإجابة عن هذا السؤال يجب أن تكشف في النهاية عما إن كانت ظروف متشابهة في عوالم مختلفة قد أنتجت أنماطا متشابهة من الحياة. ولابد من أن تكون أي تشابهات ناتجة عن «بَزر كوني» cosmic seeding ـ أي النقل المباشر للخلايا الحية من عالم إلى آخر ـ أو عن حقيقة أن التطور Evolution كثيرا ما يميل إلى converges النتائج التي تبدو متشابهة، لأنها تمثل تكيفا مع مواقف متشابهة.

إن أول اكتشاف لوجود حياة خارج الأرض، مهما كانت بدائية هذه الحياة، سيزودنا على الفور بأساس للمقارنة بين

«هناك عدد لا نهائي من النظريات، هناك الكثير من السيناريوهات».

جون باروس

أشكال الحياة في عالمين مختلفين. وإن توافر لنا قدر من الحظ، فسرعان ما ستُظهِرُ هذه المقارنة مدى مصداقية نظرية البَزر الكوني، وما إذا كانت مفاهيمنا حول نشأة وتطور الحياة ستصمد لاختبار تمحيصها مقابل الحقائق المكتشفة للتو. أما الآن، فإذا كنا نأمل في التفكر بذكاء حول الحياة على كوكب آخر، فعلينا أن نبدأ بدراسة ذلك النمط الوحيد الذي نعرفه من الحياة ـ وهو ذلك الموجود هنا على الأرض ـ للتوصل إلى استنتاجات يمكن أن تنطبق على الحياة عموما.

أهمية الدنا (DNA) للحياة الأرضية

إن المجموع الكلي للحياة على الأرض، الذي سأستخدم لوصفه مختصر «الحياة الأرضية» earth life، يعتمد على جزيء طويل السلسلة long-chain يسمى الدنا «DNA» (وهو مختصر الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسجين deoxyribonucleic acid). ويتكون كل جزيء من الدنا من حلزونين spirals، ملتفين أحدهما حول الآخر ومرتبطين بآلاف من الروابط (الأواصر) المتصالبة cross-links، وهي أزواج من الجزيئات التي تقع بين الحلزونين. ويتوافق كل من الجزيئات المتصالبة، والذي يسمى «نوكليوتيد» [1]، مع نوع آخر واحد فقط من النوكليوتيدات. إن المتوالية التي تظهر بها النوكليوتيدات المتصالبة في الدنا DNA تحدد الطريقة التي يتصرف بها الكائن الحي. ولذلك، يحتاج كل كائن حي إلى الاحتفاظ بالمعلومات المشفرة في الدنا DNA الخاص به، وأن يصون هذه المعلومات عندما تقوم خلاياه بنسوخ نفسها. ولاختيار مثال مناسب، فإن خلايانا نحن تنسخ نفسها بصورة مستمرة، على الرغم من أن بعضها يفعل ذلك بسرعة تزيد كثيرا على غيرها.

عندما تتكاثر الخلايا، فإن كلا من جزيئات الدنا DNA في الخلية ينقسم طوليا. ويؤدي هذا إلى فصل كل واحد من آلاف أزواج الجزيئات المرتبطة تصالبيا، مما ينتج عنه حلزونان منفردان، يحتوي كل منهما على سلسلة من الارتباطات المتصالبة الجزئية الناتئة عنه. ونظرا لأنها تطفو في فيض من الجزيئات، يمكن لكل من الحلزونين إعادة تكوين رفيقه المفقود من المواد الخام الطافية داخل الخلية، بإضافة الأعضاء المفقودين من الأزواج المرتبطة تصالبيا، بالإضافة إلى عمود فقري backbone حلزوني ثان. وفي هذه العملية،

الطاقان الوالدان

قديم

New

New

قديم

طاق والدي

طاقان ابنان

طاق والدي

يتـشكل كل من جـزيئـات الدنا DNA على حلزونين طويلين يتكونان من جـزيئـات من السكر والفوسفات، ويرتبطان بوساطة زوج من الجزيئات المسماة بالنوكليوتيدات. ومن أجل ارتباط الطاقين strands أحدهما بالآخر بصورة صحيحة، لا يقترن النوكليوتيد أدينين (A) إلا بالثيمين (T)، بينما لا يقترن الجوانين (G) إلا بالسيتوزين (C). وخلال عملية التنسخ replication، ينقسم جزيء الدنا DNA طوليا، ثم يعيد كل من طاقيه تكوين «طاقه بنيه» daughter strand من الجزيئات الطافية داخل الخلية. وبسبب متطلبات «التوافق» الصحيح لكل من الطاقين، يتطابق جزيئا الدنا DNA «الابنان» مع «الجزيء الوالد» parent molecule.

المسماة بالتنسُّخ replication، يبني كل من نصفي الأزواج المرتبطة تصالبيا شريكا جديدا مثل شريكه القديم تماما، ليس بمحض المصادفة، ولكن نظرا إلى أنه لا يمكن إلا لجزيء متطابق مع الرابطة السابقة أن يربط بين الحلزونين، الجديد والقديم، بصورة صحيحة. وتشبه عملية إعادة بناء الارتباطات المتصالبة أفعال شخص أعمى يمكنه إعادة تكوين أزواج من الجوارب من بين أعداد كبيرة من الجوارب المنفردة، معتمدا على اللمس وحده لاستشعار أن نوعا واحدا فقط من الجوارب يتطابق مع الجورب الذي يحمله في يده، بينما لا يتوافق معها أي من تلك الموجودة في الخزانة. وينتج عن عملية التنسخ جزيئان متطابقان من الدنا DNA، في حين لم يكن هناك سوى جزيء واحد من قبل، ويمكن لكل من هذين «الجزيئين الابنين» أن يتكاثر بمفرده، وتتكرر هذه العمليات عدة مرات وفقا لمتطلبات الكائن الحي، مما ينتج عنه نسخ جديدة من الأصل.

وتتحكم جزيئات الدنا DNA في وظائف الخلية الحية كافة، ويقع تنسخها بمنزلة القلب من عملية التكاثر البيولوجي. وتحدد تفاصيل جزيئات الدنا DNA الخاصة بنا، إلى درجة كبيرة، مَن نكون؟ وكيف نحن؟ بالإضافة إلى الكيفية التي سيكون عليها نسلنا. إن جزيئات الدنا DNA لكل شخص فريدة في نوعها، يمكن التعرف عليها بصورة محددة مثل البصمة، كما تستخدم مثل البصمات في أعمال التحري الجنائية. فإذا ترك المجرم وراءه بعضا من خلاياه أو خلاياها (عادة ما تكون خلايا دموية إن كان هناك عنف) في مسرح الجريمة، يمكن لخبراء الدنا DNA أن يحددوا ـ باحتمال للخطأ من الضآلة بحيث يمكن تجاهله ـ ما إذا كان الدنا DNA الموجود في هذه الخلايا متطابقا مع الدنا DNA الموجود في خلايا المتهم من عدمه. وقد حُل عدد من القضايا الجنائية الكبرى بفعل هذه التقنية التي تبدو سرية للغاية.

الطفرات والتطور

خلال عملية تنسخ الدنا DNA، يمكن أن تحدث تغيرات صغيرة تسمى الطفرات، سواء بصورة عشوائية أو نتيجة لتأثيرات خارجية (على سبيل المثال؛ بفعل التعرض للنشاط الإشعاعي أو بعض المواد الكيميائية السامة). ونتيجة الطفرة هي أن يختلف أحد الجزيئات الابنة بصورة طفيفة عن

والده. وتؤدي أغلب الطفرات إلى نتائج تكون إما غير مؤثرة وإما ضارة بالكائن الحي خلال محاولاتها للبقاء على قيد الحياة والتكاثر؛ ولذلك فهي تختفي سريعا من الساحة. وعلى أي حال، فإن بعض التغيرات الناجمة عن الطفرات توجه الكائن الحي إلى فعل شيء إضافي يثبت فائدته في سعيه للبقاء على قيد الحياة وللتكاثر. وفي تلك الحالة، وبشرط أن يمكن انتقال الطفرة من السلف إلى الخلف، يمكن أن تتولى الكائنات الحية التي تحمل الطفرة، السيطرة على الساحة المحلية، ويمكنها في النهاية أن تنتج أنواعا جديدة من الكائنات الحية.

وتعتمد عملية التطور على التنافس على النجاح التكاثري؛ بمعنى التنافس ضمن أفراد أحد الأنواع الحية، وليس بين الأنواع الحية المختلفة، كما قد يبدو الأمر للوهلة الأولى. وفي هذا التنافس، فإن الكائنات الحية ذات النسل الأكثر عددا تفوز بالحق في التعبير عن نفسها جينيا على حساب إخوانها من أفراد النوع الحي نفسه. كان تشارلز داروين هو أول من اكتشف أن التنافس، بالإضافة إلى التنوع (نتيجة للطفرات)، يمكن أن يؤدي إلى نشوء أنواع حية جديدة. أما اليوم، مع التثبت من صحة تبصرات داروين مرارا وتكرارا، فيعرف البيولوجيون أيضا كيفية حدوث العملية التطورية بلغة جزيئات الدنا DNA.

الجينوم يكتب كتاب الحياة

في كل من جزيئات الدنا DNA، تحدد الأجزاء المختلفة من متوالية النوكليوتيدات المرتبطة تصالبيا كيفية صنع أنواع معينة من الجزيئات البروتينية، التي تلعب دورا مؤثرا في طريقة تأدية الكائن الحي لوظائفه. تسمى المتوالية التي تحدد طريقة إنتاج جزيء بروتيني معين الجين. ولذلك، فإن ترتيب جميع الأزواج المرتبطة تصالبيا في جزيئات الدنا DNA لكائن حي ما، تمثل الجينوم genome الخاص بهذا الكائن الحي: أي الطقم الكامل لجميع جيناته. يكتب الجينوم «كتاب الحياة»، وهو القصة التي تحكي كيف ينمو ويعمل كل كائن حي منفرد.

ومن أجل تأليف «كتاب الحياة» هذا، طورت الطبيعة قبل بلايين السنين الشفرة الوراثية (الجينية) genetic code، التي يتكون كل حرف فيها من ثلاثة نوكليوتيدات متعاقبة في الدنا DNA مترابطة تصالبيا، والتي تحدد حمضا

أمينيا (٢) بعينه من مجموعة مكونة من ٢٠ منها تستخدمها الحياة الأرضية. وتتطلب عملية وصف بروتين ما نمطيا من ١٠٠ إلى ٥٠٠ من الروابط المتصالبة، ما يقترب من مائة حرف على الشفرة الوراثية. وبذلك، فإن حروف الشفرة الوراثية، التي تؤخذ مائة أو نحوها منها في كل مرة، تكوّن «الجمل» التي نسميها بالجينات، وتكتب المجموعة الكاملة من جمل الكائن الحي الجينوم الخاص به. توصل البيولوجيون إلى فهم الشفرة الوراثية منذ عقود، وبدأوا قراءة «كتاب الحياة» للكثير من الأنواع المختلفة من الكائنات الحية. ويتوقع «لمشروع الجينوم البشري» Human Genome Project، وهو محاولة لقراءة كامل الجينوم الذي يصف البشر، أن يكتمل خلال العقد الأول من الألفية القادمة (٣).

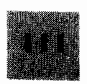
U, C, A, OR G

	U	C	A	G	
U	UUU	UCU	UAU	UGU	U
	UUC	UCC	UAC	UGC	C
	UUA	UCA	UAA	UGA	A
	UUG	UCG	UAG	UGG	G
C	CUA	CCU	CAU	CGU	U
	CUC	CCC	CAC	CGC	C
	CUA	CCA	CAA	CGA	A
	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU	ACU	AAU	AGU	U
	AUC	ACC	AAC	AGC	C
	AUA	ACA	AAA	AGA	A
	AUG	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU	GCU	GAU	GGU	U
	GUC	GCC	GAC	GGC	C
	GUA	GCA	GAA	GGA	A
	GUG	GCG	GAG	GGG	G

تصف «الشفرة الوراثية» حقيقة أن كل متوالية من ثلاثة نوكليوتيدات تحدد حمضا أمينيا معينا، أو بدء أو إيقاف متوالية جينية معينة. وتشير الشفرة التي يبنيها هذا الشكل لجزيئات الرنا RNA (الحمض النووي الريبي)، التي تحمل المعلومات التي تحتوي عليها الشفرة الوراثية من مكان إلى آخر داخل الخلايا الحية؛ وتعتمد هذه الجزيئات اليوراسيل (يرمز إليه بالحرف U) بالطريقة نفسها التي تستخدم بها خلايا الدنا DNA الثيمين (thymine).

من الأشجار الجبارة (٤) الهائلة إلى أصغر الميكروبات، تتكون الحياة الأرضية - وهي المجموع الكلي لجميع المخلوقات الحية على ظهر كوكبنا- من نمط واحد أساسي من الحياة. وليس هذا تقريرا للحقيقة البسيطة بأن كل هذه الحياة توجد فوق سطح الأرض أو قريبا منه. عندما يقول العلماء إن الأرض لا تحتوي إلا على نمط واحد من الحياة، فهم يعنون أن جميع أشكال الحياة على الأرض تعتمد على أنواع التفاعلات الكيميائية نفسها بين الأنواع نفسها من الجزيئات. وكل من البروتينات، على سبيل المثال، التي هي جزيئات معقدة تستخدم على نطاق واسع من قبل الكائنات الحية، يتكون من ٢٠ من جزيئات صغيرة وبسيطة مختلفة، وهي الأحماض الأمينية amino acids. وعلى الرغم من أنه من الممكن أن توجد آلاف الأحماض الأمينية، التي توجد بالفعل في التجارب المعملية، فقد تطورت الحياة الأرضية بحيث تستخدم ٢٠ منها فقط، ولا يزيد هذا العدد مطلقا، في كل أنواع البروتينات التي توجد في أي كائن حي. وهذا يعني ضمنيا أن التفاعلات بين جزيئات الأحماض الأمينية يجب أن تكون ذات أهمية حيوية بالنسبة إلى نشوء الحياة الأرضية.

عندما يتعلق الأمر بالتنسخ، فإن كل أشكال الحياة على الأرض تعتمد جزيئات الدنا DNA. إن تفاصيل الطريقة التي تطلب بها الارتباطات المتصالبة بطول الحلزون، تفرق بين نمط وآخر من الحياة، لكن البنية الأساسية تنطبق على جميع صور الحياة الأرضية: فمن الحيتان إلى بكتيريا نهر كولومبيا التي تعيش على عمق ميلين، تكوّن أنواع الجزيئات نفسها هيكلين حلزونين، كما أن الأنواع نفسها من الجزيئات الأخرى توفر الارتباطات المتصالبة التي تصل كلا من الحلزونين بالآخر. وتتحدث جميع صور الحياة الأرضية لغة متماثلة، وتستخدم الشفرة الوراثية نفسها لتعبير express تعليماتها، دون تغير في النبرة accent أو اللهجة dialect. إن التماثل الكوكبي planetary oneness للدنا DNA والشفرة الوراثية التي يحتويها، يتحدث بفصاحة عن وحدة الحياة الأرضية. ولفهم هذه الوحدة، علينا أن نحدد كيف نشأت الحياة على الأرض، وكيف طورت هذه اللغة المستخدمة في جميع أرجاء الكوكب. وحتى نجد أنماطا لا أرضية من الحياة، تقبع جميع التلميحات المتعلقة بهذا التحديد، في أقدم أشكال الحياة الأرضية التي يمكننا العثور عليها.



ما الذي نعرفه عن أقدم حياة على الأرض؟

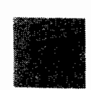
على الرغم من أن أصول الحياة الأرضية لا يزال يكتنفها الغموض، فقد ازداد فهمنا لنشوئها المبكر وتطورها. وباعتبار أن جينات الكائن الحي تتحكم في نشوئه، فلابد من أن تكون أي تغيرات تطورية مصحوبة ـ أو في الواقع مفروضة ـ بتغيرات في جيناته. ولهذا السبب، يقيس البيولوجيون أوجه التشابه بين الكائنات الحية بفحص التشابه بين متواليات جيناتها. ولعمل ذلك، فهم لا يفحصون عادة الدنا DNA ذاته، بل يفحصون جزيئا قريب الشبه به يدعى الرنا RNA (الحمض النووي الريبي) (٥).

تقوم جزيئات الرنا RNA، التي تشبه طيقانا منفردة من الدنا DNA، بنسخ المعلومات الوراثية المحمولة في جزيئات الدنا DNA وتساعد في صنع البروتينات. ويحمل أحد أنواع الرنا RNA (وهو الرنا المرسال mRNA) المعلومات الوراثية إلى المواقع التي تصنع فيها البروتينات، بينما الأنواع الأخرى (الرنا الناقل transfer RNA والرنا الريباسي ribosomal RNA) تساعد في صنع جزيئات البروتين. وتقرأ جميع أنواع الرنا RNA المعلومات المحتواة في جزيئات الدنا DNA، مما يوفر «نسخة أصلية» master copy من متواليات الجينات الخاصة بالكائن الحي. وخلال العقدين الأخيرين، فحص البيولوجيون جزيئات الرنا RNA من آلاف الأنواع المختلفة من الكائنات الحية. وفي بعض الحالات، نجحوا في قراءة كل الجينوم، أي المتوالية الكاملة للجينات التي تحدد كل ما يتعلق بهذا النوع الحي.

ومن أجل المقارنة بين نوعين مختلفين من الكائنات الحية وُصفت جيناتها بصورة مفصلة، يقيس البيولوجيون الفروق بين جيناتهما، التي تزودنا بالمسافة التطورية evolutionary distance بين أي نوعين من الكائنات الحية. أدت قياسات المسافات التطورية التي أجريت خلال العقدين الماضيين، إلى حدوث ثورة في فهمنا للكيفية التي نشأت بها الحياة الأرضية. بدأت هذه الثورة بأبحاث كارل ووز Woese من جامعة إلينوي، الذي كرّس سنوات عديدة من حياته لدراسة الرنا RNA في الكائنات الحية المختلفة، وأطاح في النهاية الرؤية السائدة لكيفية نشوء الحياة. نشر ووز تبصراته الرئيسية في منتصف السبعينيات من القرن العشرين، لكنها لم تحظ إلا أخيرا بقبول واسع، على رغم أنه غير كامل حتى الآن، بين علماء البيولوجيا التطورية.

قبل أبحاث ووز، كان البيولوجيون يصنفون كل صور الحياة الأرضية إلى نوعين اثنين: بدائيات النواة prokaryotes و حقيقيات النواة eukaryotes. تتكون بدائيات النواة (يعني المصطلح الأجنبي prokaryote «طليعة النواة» باليونانية) من خلايا وحيدة لا تحتوي على نواة محددة جيدا، أي لا يوجد جزء محدد من الخلية للاحتفاظ بجزيئات الدنا DNA الخاصة بالخلية. وعلى العكس من ذلك، فإن حقيقيات النواة (وتعني «النواة الجيدة») قد تكون وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا، لكن جميع خلاياها تمتلك أنوية محددة جيدا: إذ تحتوي كل منها على منطقة محدودة بغشاء membrane يطوّق الدنا DNA الخاص بالخلية. ويتيح هذا التقسيم لحقيقيات النواة أن تركِّز الدنا DNA الخاص بها، وأن تحصر في كل خلية قدرا منها أكبر بكثير مما تفعل بدائيات النواة، عادة أكثر بعشر مرات إلى ألف مرة. وبالإضافة إلى وجود أنوية محددة جيدا، تشتمل الخلايا حقيقية النواة نمطيا على بنى أخرى محددة جيدا، تسمى العضيات organelles («الأعضاء الصغيرة»)، التي تؤدي وظائف متخصصة داخل الخلية. تندرج جميع البكتيريا تحت بدائيات النواة، بينما تضم حقيقيات النواة: الحيوانات، والنباتات، والفطريات fungi، والعفن الغروي slime mold، وعددا كبيرا من الكائنات الحية وحيدة الخلية. وباعتبارنا نحن أيضا من حقيقيات النواة، فلدينا تحيز لمصلحتها، ونستجيب بسهولة أكثر للكائنات الحية المعقدة عديدة الخلايا. وعادة ما تمر المقررات الدراسية التمهيدية للبيولوجيا مرور الكرام على بدائيات النواة، وتخصص اهتماما ربما يصل إلى عشرين ضعفا لحقيقيات النواة. ومع ذلك، فقد ظلت البكتيريا ـ وهي من بدائيات النواة ـ النمط السائد من الحياة الأرضية وأكثرها نجاحا لأكثر من ثلاثة بلايين سنة.

ترى الفطرة السليمة أن بدائيات النواة، باعتبارها أبسط كثيرا من حقيقيات النواة، لابد من أنها كانت الأسبق في الظهور. وبالإضافة إلى ذلك، تفترض نظرية عقلانية تماما أن حقيقيات النواة تطورت من بدائيات النواة بدمج العديد من الأنواع المختلفة من بدائيات النواة في خلية واحدة حقيقية النواة. وعلى أي حال، فلسوء حظ هذا الاستنتاج، أظهر كارل ووز وجود نوع أساسي ثالث من الحياة. لاحظ ووز أن بعض الكائنات الحية المصنفة ضمن البكتيريا ـ وهي بدائيات النواة النموذجية prototypical ـ تمتلك رنا RNA يختلف كثيرا عن الرنا البكتيري إلى درجة لا يمكن معها أن تصنف ضمن بدائيات النواة. وبدلا من ذلك، تستحق هذه الكائنات الحية أن تصنف كنمط ثالث من أنماط الحياة



الأرضية، أطلق عليه ووز اسم العتائق Archaebacteria (أو «البكتيريا العتيقة»)، التي تسمى الآن بالأركيات Archaea لتجنب اللبس بينها وبين البكتيريا. ومثلها مثل بدائيات النواة، تمتلك الأركيات نواة محددة جيدة في كل خلية، لكنها مختلفة تماما عن بدائيات النواة - بصورة أساسية فيما يتعلق بمتواليات الرنا RNA في كل منها- إلى درجة استوجبت رفعها إلى مرتبة «مملكة عليا» superkingdom ثالثة محددة من أنماط الحياة.

دفعت أبحاث ووز بأغلب البيولوجيين إلى استنتاج أن الحياة الأرضية، مثلها مثل بلاد الغال (٦) القديمة في عهد قيصر (٧)، تنقسم إلى ثلاثة ميادين domains: الأركيات، والبكتيريا، وحقيقيات النواة. أدت قياسات المسافات التطورية بين ممثلي هذه الميادين الثلاثة، إلى التوصل إلى استنتاج مدهش: إن حقيقيات النواة قريبة من الأركيات، على الأقل بنفس درجة قربها من البكتيريا! وعلى الرغم من كونها بعيدة كل البعد عن أن تكون تطورت على ما كان يطلق عليه في السابق اسم بدائيات النواة، فإن لحقيقيات النواة على الأقل أصلا بقدمها نفسه. وفي الحقيقة، يبدو من المرجح أن البكتيريا ـ بدائيات النواة سابقا ـ سيثبت أنها فرع من سلالة الأركيات ـ حقيقيات النواة Archaea-eukaryote lineage. ربما كان وجود العضيات في أغلب الخلايا حقيقية النواة، خدعة (٨) ضللت البيولوجيين حتى تعلموا كيف يقرأون المعلومات الوراثية المحتواة داخل الخلايا الحية. بعد بلايين السنين من ظهور أولى حقيقيات النواة، ربما دمجت الخلايا حقيقية النواة بالفعل خلايا بدائية النواة، لكن أصل حقيقيات النواة سيكون على الأقل ضاربا في عمق الزمن إلى وقت ظهور البكتيريا.

في صيف العام ١٩٩٦، أعلن معهد أبحاث الجينوم في روكفيل بولاية ماريلاند، وهي منظمة تهدف إلى رسم خريطة كامل الجينوم البشري، عن السَلسَلة sequencing الكاملة لجينوم أحد الأركيات، وهو كائن حي اسمه المكورة الميثانية الجاناشية Methanococcus jannaschii، التي يمكن اختصارها «م . ج». يحتوي جينوم المكورة الميثانية الجاناشية على ١٧٣٨ جينا، وهو نحو ٢٪ من العدد الكلي المقدّر وجوده في الجينوم البشري. ومن بين ١٧٣٨ جينا، لا يشبه أكثر من ألف منها أي جين آخر في بدائيات النواة أو حقيقيات النواة. وتظهر الجينات المتبقية أن المكورة الميثانية الجاناشية لديها بالفعل شبه جيني أقرب إلى حقيقيات النواة منه إلى بدائيات النواة.

البكتيريا
الإشريكية
المتقدرات القولونية
المتصدعات
القرموطية
الأجرعية
الخضربية
اللاغفة
الحمصية المتندبة
العصوية
صانعة الكلوروفيل
المكورة الملتصقة
المستحرات
السخناء
المستحرة الطخاوية
المائية
EM17

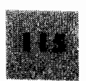
الأركيات
الملحاوات
الحليزنة الميثانية
الرُّزْمِيَّة المثلية
الميثانية
المكورة الميثانية
المكورة الحرارية
النارية الميثانية
الكبريتية
المتقلبة الحرارية
المستحرة الخيطية
pSL 50
pSL 4
pSL22
pSL12
المجموعة البحرية الأولى
pJP27
pJP78
المنشأ

٠,١ تغيرات في المائة

حقيقيات النواة
الكائنات الحية العيانية (الكبيرة)
الدرة
الإنسان
القبعية المحبرة
المتفاعلات
البرفيريات
الشبكية
المتحولة
النيجلرية
الحنديرة
المثقبية
الفقاعية
راشنة الدماغ
المتفاوتات
الجياردية
سداسية الخيوط
المشعرة الثلاثية

يظهر هذا الرسم التخطيطي «الميادين الثلاثة» للحياة الأرضية: الأركيات، والبكتيريا، وحقيقيات النواة. وتمثل المسافات بين الكائنات الحية المختلفة في الرسم التخطيطي المسافات التطورية بينها، بناء على أوجه التشابه بين الدنا DNA والرنا RNA في هذه الكائنات الحية. لاحظ أن أغلب موضوعات البحث لمقرر تقليدي في البيولوجيا، أي الكائنات الحية التي يزيد حجمها على بضع مئات الميكرونات، تشغل فقط أقصى أسفل يمين الصورة (*) (بالإذن من نورمان بيس)

(*) أغلب أسماء الجراثيم حُصِّلت من المعجم الطبي الموحد (منظمة الصحة العالمية)، ومعجم المصطلحات العلمية والفنية الهندسية الجديد (مكتبة لبنان)، والباقي اشتق من قبل المترجم بناء على الأصول اليونانية واللاتينية للمصطلح الأجنبي، لذا لزمت الإشارة.



كيف يمكن لهذه المكورة الميثانية الجاناشية أن تُحدث فرقا؟ فمثلها مثل الكثير من الأركيات، تعتبر «م . ج.» من أليفات الحرارة المفرطة hyperthermophiles، وهي كائنات حية تحب درجات الحرارة البالغة الارتفاع. تعيش المكورة الميثانية الجاناشية إلى قرب فجوات أنبوبية vents توجد في قاع البحار العميقة وتسمى «المداخن البيضاء»، وهي مواقع ظلت حتى عهد قريب بعيدة تماما عن الاستقصاء البشري. وفي عام ١٩٨٢، صنعت غواصة البحار العميقة العلمية «ألفين» Alvin، وهي واحدة من الأبطال الميكانيكيين للأبحاث البيولوجية، لتغوص على عمق ميلين في المحيط الهادي قرب جزر جالاباجوس (٩)، حيث تندفع المياه الحارة عبر الفجوات الأنبوبية الموجودة في قاع المحيط، والمحاطة بمجموعات من المخلوقات الغريبة الشبيهة بالديدان وحصيرة هائلة تتكون من كائنات حية ضئيلة الحجم. وقد عثر البيولوجيون في المواد التي جلبتها الغواصة ألفين إلى السطح، على كائن حي جديد، وهو المكورة الميثانية الجاناشية، المعروفة جيدا الآن، والتي تزدهر عند درجات حرارة تتراوح بين ١٢٠ و٢٠٥ فهرنهايت (من ٥٠ إلى ٩٠ درجة مئوية)، وتحت ضغط يبلغ مائتي ضعف الضغط الجوي الذي نستمتع به على السطح.

لا تستطيع المكورة الميثانية الجاناشية احتمال الأكسجين. وبدلا من ذلك، فهي تحتاج إلى ثاني أكسيد الكربون، والنتروجين، والهيدروجين، وجميعها تفيض من المداخن البيضاء التي تعتبرها موطنها. وبدلا من أن تعتمد على الطاقة الشمسية solar energy، تستمد المكورة الميثانية الجاناشية إمداداتها من الطاقة، من التفاعلات الكيميائية بين الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. وينتج عن بعض هذه التفاعلات غاز الميثان: تشير لفظة «الميثانية» في اسم المكورة الميثانية الجاناشية إلى حقيقة أنها تنتج الميثان كناتج ثانوي لاستقلابها metabolism، تماما كما نزفر نحن غاز ثاني أكسيد الكربون، وتنتج النباتات الأكسجين. وباعتبار أن الميثان قريب الشبه جدا بالغاز الطبيعي الذي نستخدمه كوقود، فإن العمليات الاستقلابية للمكورة الميثانية الجاناشية تستحق دراسة أكثر تعمقا. ويمكن لهذا الكائن الغريب، والأركيات التي تشبهه، أن ترشدنا في النهاية إلى طرق أفضل لإنتاج الغاز الطبيعي باستخدام سبل عضوية organic pathways، غير مسببة للتلوث.

وكما يشير إليه اسمها، يبدو أن الأركيات[10] تعد من بين أقدم صور الحياة الأرضية. بالإضافة إلى ذلك، فعندما يعين البيولوجيون المسافات التطورية بين أنواع مختلفة من الأركيات وبين البكتيريا، فإنهم يجدون أقرب أوجه الشبه بين أنواع الأركيات والبكتيريا المحبة لدرجات الحرارة العالية. وفي حين أن أغلب الأركيات من أليفات الحرارة المفرطة، فإن أغلب البكتيريا على العكس من ذلك. وعلى الرغم من أن علينا أن نتردد في القفز إلى استنتاج مبكر (انظر إلى ما حدث للنظرية القائلة بأن حقيقيات النواة تطورت من بدائيات النواة!)، فإن الاستنتاج نفسه يتوسل إلينا أن نعتمده: يبدو أن أولى صور الحياة على الأرض ظهرت قرب الفجوات الأنبوبية في البحار العميقة، حيث تتدفع المياه الحارة من قاع البحر، محملة بجميع أنواع الجزيئات البسيطة.

ويصبح هذا الاستنتاج أكثر جاذبية عندما نلاحظ أن الأرض الباكرة ـ أي كوكبنا خلال نصف البليون أو البليون سنة التالية لتكونه ـ كانت محلا لنشاط بركاني أعظم بكثير مما يحدث الآن. ويظهر وجود الأركيات أن الفجوات الأنبوبية في البحار العميقة يمكنها بسهولة توفير المواد الخام اللازمة للحياة، والتي تحمل معها مددا من الطاقة في صورة تفاعلات كيميائية محتملة بين جزيئات الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. وتظهر هذه الحقيقة بدورها أن ضوء الشمس، الذي نميل إلى اعتباره من متطلبات الحياة الأرضية، يجب اعتباره مصدرا مفيدا جدا، لكنه ليس ضروريا للطاقة.

متى بدأت الحياة على الأرض؟

طوال قرن ونصف قرن من الزمان، حاول البيولوجيون اكتشاف وتحديد أعمار أسلافنا الأصليين. وخلال عقد السبعينيات من القرن التاسع عشر، سحب العلماء الموجودون على متن السفينة البريطانية تشالنجر (المتحدي) Challenger، عينات من الوحل muck من قيعان المحيطات، غنية بمخلوقات أعماق البحار، لكنها تفتقر إلى الحمأ البدائي Primordial ooze، الذي كان بعض العلماء يأملون في اكتشافه، أي الوحل الأصلي Urschleim الذي يعتقد أن جميع صور الحياة الأرضية قد نشأت منه. ويعرف البيولوجيون اليوم أن البحث عن الوحل الأصلي كان مصيره الفشل الحتمي، نظرا إلى أن كوكبنا تغير كثيرا منذ نشأت الحياة،

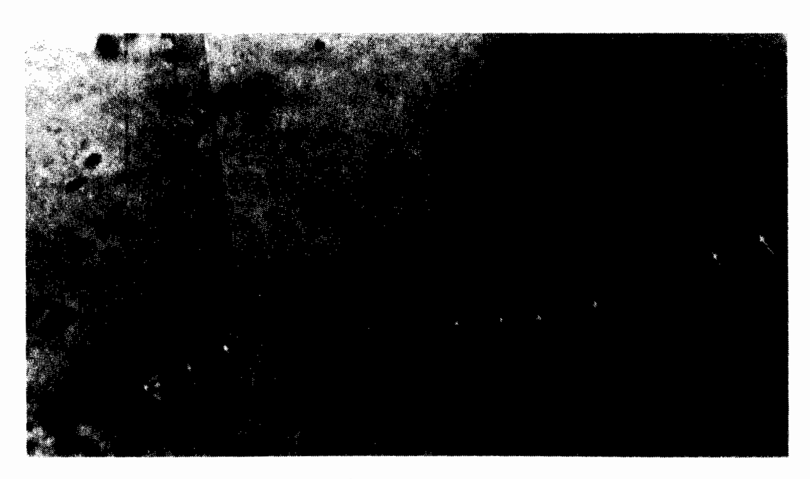
إلى درجة أنه لا يمكن لأي من صور الحياة الأصلية أن تبقى على الحياة في المحيطات، أو في أي مكان آخر، من أجل هذا السبب، ولذكر أكثر التغيرات وضوحا، نقول إن الحياة الأرضية «لوثت» الغلاف الجوي بكميات كبيرة من الأكسجين، الذي أنتجه عدد كبير من البكتيريا الزرقاء المخضرة الطافية في المحيطات. وأدى هذا «التلوث»، الذي حدث قبل نحو بليوني سنة، إلى القضاء على أغلب أنواع البكتيريا اللاهوائية anaerobic (التي تتجنب الأكسجين)، على الرغم من أن بعضها قد عثر على أماكن ليأوي إليها- في المعدة البشرية، على سبيل المثال، حيث لا يخترقها الأكسجين. أدى التطور إلى جعل الأرض كوكبا مختلفا عما كانت عليه عند نشوء الحياة، قبل أربعة بلايين سنة أو أكثر.

كيف يمكننا تحديد عمر نشوء الحياة؟ الطريقة الأساسية لذلك، هي العثور على صخور تحتوي على حفريات، واستخدام طرق القياس الإشعاعي (الانحلال الإشعاعي) لتحديد أعمار الصخور. ونجاح هذه الطريقة مشروط بإمكان تأكدنا من أن الحفريات تكونت مع الصخور. وهذه هي الحال مع الصخور الرسوبية sedimentary rocks، التي تكونت تحت سطح الماء من طبقات ترسبت ببطء من الحطام debris، ولكن كما رأينا في حالة الحجر النيزكي ALH 84001، تمثل الصخور النارية (البركانية) تحديا أكبر، إذ لا يمكننا أن نتأكد إلا من أن أي شيء تمكن من التغلغل في هذه الصخور، قد فعل ذلك بعد أن تكونت الصخرة.

لقد دفع علماء البيولوجيا القديمة، الذين يدرسون أنماط الحياة في الحفريات، في الوقت الحاضر تواريخ أقدم صور الحياة المعروفة إلى الوراء، إلى قبل ٣,٥ بلايين سنة على الأقل. وعلى أي حال، فهذه الأنماط من الحياة يمكن أن تعتبر بصعوبة أولى صور الحياة على الأرض. وبادئ ذي بدء، نحن نعرفها كحفريات fossils، مما يعني أنها لابد من أنها طوّرت بنى واضحة بدرجة تكفي للتعرف عليها بعد بلايين السنين. وبالإضافة إلى ذلك، تتكون هذه الحفريات من خلايا تنتظم معا في سلاسل. ومن شبه المؤكد أن الأنماط المبكرة من الحياة تكونت من خلايا منفردة تطفو بحرِّية، وقبل ذلك من أمزجة mixtures كيميائية محصورة بصورة شبه حرة ضمن ضرب من البنى قبل الخلوية precellular. وترجع أقدم الصخور التي وجدت على الأرض، والتي اكتشفت في تكوين إيسوا Isua formation في جرينلاند، إلى حقبة تبعد عن وقتنا الحاضر بنحو ٣,٨ بلايين سنة. وعلى مدى عقود، ظل علماء البيولوجيا القديمة في جدال حول ما

إذا كانت صخور إيسوا تحتوي على أدلة مقنعة على وجود الحياة من عدمه، من دون التوصل إلى أي استنتاج نهائي. وترددت أخبار الحجر النيزكي ALH 84001 مع هذا الجدل في ضوء جديد، حيث إن الكربونات الموجودة في هذا الحجر النيزكي المريخي، على رغم صعوبة تحديد عمرها، قد تقترب أعمارها من ٣,٨ بلايين سنة - وهو عمر صخور إيسوا - ومن ٣,٥ بلايين سنة، وهو عمر أقدم الحفريات المؤكدة للحياة الأرضية.

ما هي، إذن، الظروف التي كانت سائدة على الأرض البدائية، أي سنوات «الخبز العجيب» قبل ما بين ٣,٨ و٤,٥ بلايين سنة، عندما بدأت الحياة الأرضية في الوجود والتطور؟ ونظرا لأننا لا نمتلك صخورا أرضية يزيد عمرها على ٣,٨ بلايين سنة، يجب أن تكون استنتاجاتنا مستندة إلى التخمينات المتعلقة بتكون النظام الشمسي، واستقراء معطيات الأحقاب الأقرب لعصرنا الحاضر، والمعلومات المستمدة من أقدم صخور النظام الشمسي: وهي الأحجار النيزكية (يرجع عمرها جميعا إلى نحو ٤,٥ بلايين سنة)، وأقدم الصخور التي وجدت على سطح القمر (نحو ٤,٢ بلايين سنة)، والحجر النيزكي ALH 84001، وهو الحجر العتيق الوحيد لدينا من المريخ.



تظهر هذه الصورة الفوتوغرافية أقدم حفريات الحياة الأرضية، والتي وجدت في صخور عثر عليها في غرب أستراليا من قبل ج. وليام شوف، وترجع إلى ٣,٥ بلايين سنة. لاحظ أن هذا الكائن الحي يبدو أنه يحتوي على العديد من الخلايا بالفعل، يشار إلى بعضها في الصورة بالأسهم. ويعني هذا ضمنا أن الحياة على الأرض ظهرت قبل ٣,٥ بلايين سنة بكثير.

وتنتج عن هذه المقاربة صورة للأرض البدائية تختلف تماما عن الكوكب الذي نعرفه اليوم. فالأرض اليوم تتكون من قارات وبحار جيدة التحديد نسبيا؛ أما في تلك الأيام الخوالي، فقد ظلت الأرض تلفظ بصورة مستمرة حمما بركانية للأعلى عبر بحارها، وكانت نتيجة ذلك هي تدمير سلاسل جبال منتصف المحيطات mid-ocean ridges نتيجة لانخساف القشرة الأرضية المستبطنة لها، والتي لم تكن تصلبت بعد إلى الدرجة التي نعرفها اليوم. وفي تلك الأحقاب، كانت كتل الحطام الكوني cosmic debris التي تصل الواحدة منها إلى حجم الجبل تصطدم بالأرض كل بضعة قرون، كما أن هناك أجساما أكبر بكثير كانت تضرب الأرض مرات عديدة كل مليون سنة. وأدت هذه الوابلات في النهاية إلى استهلاك أغلب الحطام الموجود في الفضاء بين الكواكب، وبالتالي أصبحت الارتطامات بفعل أجسام ضخمة أكثر ندرة بكثير. ولدينا الآن غلاف جوي ثابت نسبيا (إذا استثنينا أفعال البشر!) تشكل بصورة أساسية من النتروجين والأكسجين. كان الغلاف الجوي للأرض البدائية يتكون أساسا من ثاني أكسيد الكربون والنتروجين، وقد تعرض لتغيرات معتبرة بفعل الأجسام الصادمة. إن نهاية حقبة الارتطامات الشديدة، التي تمت منذ مدة يقدر أنها تتراوح بين ٣,٨ بلايين سنة و٤ بلايين سنة قبل وقتنا الحاضر، تمثل علامة على المراحل النهائية للعمليات التي بَنَت الأرض والكواكب الأخرى، والتي تركتها في أحجامها وأشكالها الأساسية منذ ٤,٥ بلايين سنة.

ربما أدت أكبر الارتطامات التي حدثت على الأرض البدائية - وكذلك على المريخ البدائي - إلى دفع جزء معتبر من الغلاف الجوي الذي كان لا يزال موجودا وقتها، إلى الفضاء بين الكواكب. وعلى أي حال، فالنيازك التي ارتطمت بالأرض وبالمريخ جلبت أيضا إمدادات جديدة من المركبات الخفيفة نسبيا، مثل الجليد وثاني أكسيد الكربون المتجمد، إلى الكواكب التي ترتطم بها. وفي كل من الكوكبين، ربما اعتمد ما إذا كانت الحياة قد نشأت واستمرت أم لا، على ما إذا كانت الارتطامات النهائية الرئيسية قد عملت على جلب أو نسف الغلاف الجوي وغيره من المواد المتطايرة volatiles قرب أسطح الكوكبين.

إن استكشاف الإنسان للقمر، الذي أتاح للفلكيين والجيولوجيين تحديد أعمار الكثير من معالم القمر، يزودنا ببعض الثقة في تحديد عمر ٣,٨ بلايين سنة خلت على أنه نهاية حقبة الارتطامات العنيفة. ويمثل هذا

الوقت نهاية الحقبة التي تكونت فيها الأحواض basins المحتوية على سهول الحمم القمرية التي تجمدت، وأغلب الفوهات البركانية على القمر؛ منذ ذلك الحين، لم تحدث ارتطامات كبيرة إلا بين الفينة والفينة. وعن طريق الاستقراء extrapolation، يمكننا خلع التاريخ نفسه على الأرض والمريخ. يبدو هذا الاستقراء منطقيا نظرا إلى أن الظروف لابد أنها كانت متشابهة بصورة عامة في جميع أجزاء النظام الشمسي الداخلي، من مدار عطارد حتى ما بعد المريخ، خلال الوقت الذي تكوَّن فيه النظام الشمسي والذي هطلت فيه آخر وابلات الحطام الكبرى على الكواكب المتكونة حديثا. ومع قرب انتهاء أول ٧٠٠ مليون سنة من عمر النظام الشمسي، انتهت حقبة الارتطامات العنيفة intense bombardment، لأن أغلب الحطام المتبقي من تكوّن النظام الشمسي إما أنه استهلك بفعل هذه الارتطامات وإما أنه تمكن من تأمين مدارات orbits ثابتة لا تتقاطع مع مسار دوران الكوكب حول الشمس. وخلال فترة الـ ٣,٨ بلايين سنة التالية، أصبحت الارتطامات أمرا نادر الحدوث، على رغم أن الارتطامات الكبرى، مثل ذلك الذي فتك بالديناصورات قبل ٦٥ مليون سنة، لعبت دورا في تطور الحياة على الأرض من خلال خلق بيئات مناسبة للكائنات التي بقيت على قيد الحياة بعد تلك الارتطامات.

في ظل الظروف العنيفة والمتقلبة السائدة على الأرض البدائية، ربما نشأت الحياة ليس مرة واحدة بل مرات عديدة، ليتم تدميرها عندما يرتطم بالأرض جسم هائل الحجم. ومن شبه المؤكد أن ذلك كان صحيحا إذا كانت الحياة في حاجة فقط إلى وقت قصير نسبيا ـ لنقل بضع عشرات الملايين من السنين مثلا ـ للنشوء تحت الظروف الملائمة. ومن الممكن أن تكون فترة ٧٠٠ مليون سنة على الأرض البدائية قد تضمنت العشرات من تلك الفترات الزمنية. وكذلك، فإذا قامت الارتطامات بنقل صخور محتوية على الحياة من الأرض إلى المريخ، أو من المريخ إلى الأرض، ربما حدث وصول هذه الصخور من كواكب أخرى ليس مرة واحدة، بل عشرات، أو مئات، أو حتى آلاف المرات، اعتمادا على عدد الصخور التي تسبَّبَ الارتطام في تحريرها. وحتى لو فشلت أغلب عمليات النقل هذه في إشعال شرارة الحياة على الكوكب الجديد، فإن العدد الكبير من الرحلات «بين الكوكبية» للصخور يقترح أن الأرض البدائية ربما تلقت بالفعل عينات من الحياة المريخية القديمة، إن

وجدت أصلا، وأن المريخ لابد من أنه تلقى عددا أصغر، لكنه لا يزال معتبرا، من الصخور الحاملة للحياة من الأرض. ومن الناحية الأخرى، فمن المرجح أن صور الحياة المحتواة في هذه الصخور ستخسر المنافسة مع أي كائنات حية نَمَت أصلا في ذلك الكوكب، والتي لابد من أنها نشأت وتطورت وفقا للظروف المحلية هناك.

أصل الحياة على الأرض

أما الآن وقد تعرفنا على الأنماط الثلاثة للحياة الأرضية، وحددنا عمرا يزيد على ٣,٨ بلايين سنة لأصلها المشترك، يمكننا أن نسأل، كما فعل الكثيرون قبلنا: كيف نشأت الحياة على الأرض؟ الحقيقة المحضة هي أننا لا ندري. يقول جون باروس Baross، وهو عالم بالميكروبيولوجيا (علم الجراثيم) في جامعة واشنطن وخبير بأقدم صور الحياة: «هناك عدد لا نهائي[11] من النظريات، وهناك الكثير من السيناريوهات المحتملة». إن الإجابة عن السؤال المتعلق بأصل الحياة ربما تثبت في النهاية أنه يتمثل في أن الحياة وصلت إلى الأرض ـ ربما متغلفة encapsulated داخل حجر نيزكي ـ وأنها كانت تمتلك جينوما شبيها بذلك الذي تمتلكه الأركيات؛ أو أن الأركيات قد تكون قريبة من النمط الأصلي الذي نشأت به الحياة على الأرض، بأقصى قدر من القرابة من الوحل الأصلي Urschleim يمكننا أن نأمل فيها.

يكمن واحد من أكبر مجالات جهلنا في تحديد أصل الحياة الأرضية، في موقعها: فنحن لا نعلم ما إذا كانت الحياة قد نشأت في المحيطات العميقة، حيث تقبع الأركيات الآن، أم على الحدود الواقعة بين المياه والأرض، أم في بيئات أخرى غيرها. ولكن ألم تخبرنا كتب الجيولوجيا التي درسناها في المدرسة الثانوية بأن الحياة نشأت في البرك ponds الدافئة والأحواض المَدِّيَة tidal pools؟ ومثلها مثل «حقيقة» أن حقيقيات النواة تطورت من بدائيات النواة، يمكن أن يثبت عدم صحة نظرية الأحواض المَدِّيَة، بفضل تحسن فهمنا للظروف التي كانت سائدة في الأرض البدائية.

إن أكثر خصائص سطح الأرض اليوم وضوحا ـ وهي تقسيمها إلى محيطات وكتل أرضية ـ من المرجح تماما أنها لم تكن موجودة في المراحل المبكرة من تاريخ الأرض، لأن القشرة الأرضية لم تكن قد تصلبت وقتها بالقدر

الكافي لأن تدعم القارات. وبدلا من القارات، علينا أن نتصور كوكبا بكامله يشبه إلى حد ما سلسلة الجبال العميقة الموجودة بمنتصف المحيط الأطلنطي mid-Atlantic ridge الموجود اليوم، حيث تنز seep المواد البركانية من أسفل للأعلى، ناشرة القشرة الأرضية ببطء ومباعدة أفريقيا وأوروبا عن الأمريكتين أكثر فأكثر. يقول نورمان بيس Pace، وهو عالم ميكروبيولوجيا من جامعة كاليفورنيا عمل مع كارل ووز: «فكِّر بوحل (حمأة sludge) بركاني ثخين، غني بالقار العضوي. هذا هو الوضع المثالي لحدوث التفاعلات الكيميائية على سطوح الحبيبات المعدنية، والذي قد يؤدي إلى نشوء الحياة». وفي منظور بيس، فإن كل «بقعة ساخنة» hot spot في قاع المحيط، ربما كانت هي الموضع الذي نشأت فيه الحياة. وبصورة ما، وفي مرحلة مبكرة للغاية من تاريخها، أنتجت الحياة الأرضية بدائيات النواة وحقيقيات النواة، بالإضافة إلى الأركيات. وفي تلك الأحقاب الغابرة، عندما كانت الأرض تفتقر إلى الثبات القاري الذي تمتلكه الآن، فإن البيئات الوحيدة الثابتة بالفعل كانت توجد في المحيطات العميقة.

يجب على النظرية القائلة بأن الحياة نشأت من الحمأ البركاني، وليس من «بركة دافئة صغيرة»، كما تخيل تشارلز دارون Darwin، أن تجيب عن سؤال ربما كان بوسع نظرية البرك المدية tidal-pond أن تجيب عنه بسهولة أكبر. كيف يمكن للجزيئات الصغيرة أن ترتبط بتلك الأكبر حجما، وخصوصا؛ كيف تكوّن الجزيئات الطويلة السلسلة long-chain molecules المميزة للحياة الأرضية، والتي تحتوي كل منها على مئات أو آلاف من الجزيئات الأصغر حجما، مكررة نفسها مرات ومرات ؟ وتوفر حواف وقيعان البرك والأحواض المَدِّيَة أماكن ممتازة للجزيئات الكبيرة لكي تنظم نفسها في سلاسل طويلة. تتعرض هذه الأحواض basins لدورات متتالية من التجفيف وإعادة الامتلاء تنزع إلى تنظيم الجزيئات في بنى شبيهة بالسلاسل الطويلة. وكذلك توفر أوعية الحمأ هذه، والموجودة في أعماق المحيطات، أماكن يجري فيها الماء فوق سطح صلب ويلتقي بكثير من الحبيبات الصغيرة التي تحدث فيها التفاعلات الكيميائية بسهولة أكبر، لكنها تفتقر إلى دورات التبخر وإعادة البلل rewetting التي تساعد على تنظيم الجزيئات الطويلة السلسلة على حواف البرك والأحواض في كل مرة يجف فيها الماء.

كم من الوقت تستغرقه الحياة للظهور على كوكب ملائم؟

إن تاريخ الأرض هو بصورة أساسية تاريخ كوكب مفعم بالحياة التي يمتد سجلها على الأقل لمدة ٣,٥ بلايين سنة من أصل ٤,٥ بلايين سنة، وهي العمر الإجمالي للكوكب. ونظرا إلى أن الحفريات التي ترجع إلى ٣,٥ بلايين سنة خلت، تظهر بالفعل قدرا كبيرا من النمو التطوري evolutionary development، يمكننا من أن نقرر بنسبة لا يستهان بها من اليقين أنه إذا كانت الأرض تعتبر مثالا تشبيهيا، يتطلب نشوء الحياة في البيئة الملائمة أقل من نصف بليون سنة. ولكن هل يمكن للحياة أن تنشأ أسرع من ذلك بكثير، خلال مائة مليون سنة مثلا؟ أو عشرة ملايين؟ ولا يزال هذا الرقم الأخير يتيح احتمال وجود نشوءات متعددة وانقراضات extinctions متعددة للحياة على الأرض، وبالقياس على الكواكب الأخرى أيضا. باعتبار أن الجزيئات المعقدة تنزع إلى أن تكون هشة، ربما كان شعار «استخدمها أو افقدها» هو القاعدة العامة بخصوص احتمالات أن تتطور هذه إلى كائنات حية. وربما كان الأمر أنه ما لم تظهر الحياة على كوكب ما في غضون بضعة آلاف من السنين، أو ربما بضعة ملايين، بعد أن تصبح الظروف ملائمة بصورة عامة، فإنها لن تظهر مطلقا ما لم يحدث تغير معتبر في الظروف المحيطة.

ومن خلال المسافات التطورية بين الأعضاء المختلفين من مجموعة الأركيات، نحن نعرف أن أقدم صور الحياة الأرضية لم تتطور إلا ببطء، لأن الأركيات التي تبعد عن بعضها البعض تاريخيا بمئات الملايين من السنين لا تتباين سوى بدرجة بسيطة. إن الوتيرة البطيئة للمراحل الأولى من التطور تبدو منطقية، إذ إن الظهور المطرد للمزيد من الصور الأكثر تنوعا للحياة لابد من أنه كان سيزيد المنافسة بين الكائنات الحية الموجهة للتطور، وبالتالي سيزيد من معدل التطور ذاته. وكما لاحظنا أعلاه، فالأركيات تعطينا درسا رئيسيا آخر بخصوص أوائل صور الحياة الأرضية. كانت كلها من أليفات الحرارة thermophiles، أي المُحبة لدرجات الحرارة العالية. يحب نورمان بيس أن يقول: «إن الحياة الباكرة كانت عبارة عن حرارة عالية وبطيئة التطور، وهناك خرافة قديمة أخرى تلاشت بدورها، وهي أن أنماط الحياة الباكرة early life كانت ذاتية التغذي autotrophic، أي قادرة على الحصول على «طعامها» ذاتيا، وليست معتمدة على العثور على الغذاء طافيا في البيئة.

وبطبيعة الحال، فقد كان «الطعام» بصورة أساسية هو جزيئات الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون، وكانت الكائنات الحية تستخدمهما في صنع الميثان، تماما كما تفعل اليوم البكتيريا المولدة للميثان methanogens».

وتخبرنا حقيقة «أن أيا من الأركيات لم يكن معروفا للعلم قبل عقود قليلة»، بألا نتسرع كثيرا في الاعتقاد بأن لدينا جميع المعلومات اللازمة لكشف غموض أصل الحياة. ولحسن الحظ، فبحوزتنا سهم آخر؛ فبالإضافة إلى اكتشاف ودراسة أقدم صور الحياة الأرضية، يمكننا أن نحاول صنع الحياة بأنفسنا.

نمذجة أصل الحياة: تجربة ميللر ـ يوري

لا يمكن لأي من نظريتي البرك المدية ولا الحمأ المحيطي أن تجيب حتى الآن عن جميع الأسئلة المكتنفة في تفسير كيفية نشوء الحياة. وعندما يناقش البيولوجيون أصل الحياة، فكثيرا ما تنحو المناقشة صوب أفضل جهود العلماء في صنع الحياة في أنبوب الاختبار: أي تجربة ميللر ـ يوري Miller- Urey experiment. في عام ١٩٥٣، على بعد مرمى حجر فقط من استاد (مدرج ملعب stadium) كرة القدم بجامعة شيكاغو، حيث أشرف إنريكو فيرمي [١٢]، قبل عقد من الزمن، على أول تفاعل نووي متسلسل [١٣] يتحكم فيه البشر، عمل هارولد يوري ـ وهو كيميائي حاصل على جائزة نوبل ـ مع طالب دراسات عليا اسمه ستانلي ميللر على إعادة خلق الظروف «قبل الحيوية» pre-biotic التي سادت على الأرض. كان ميللر هو من اقترح إجراء هذه التجربة غير التقليدية، وتمكن من التغلب على اعتراض يوري بأن شيئا لن ينتج عنها ـ مما أدى إلى تأخر ميللر سنوات عديدة قبل الحصول على درجة الدكتوراه ـ بأن وافق على تكريس أقل من عام واحد لإجرائها.

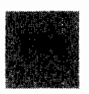
وفي محاولتهما لاستنساخ الظروف التي كانت موجودة على الأرض قبل أربعة بلايين سنة، بنى ميللر ويوري نظاما مغلقا يتكون من قارورتين flasks، واحدة علوية والأخرى سفلية، متصلتين بأنبوبين زجاجيين. وملآ القارورة السفلية بالماء جزئيا، كنموذج للمحيطات، وحقنا injected فوق الماء مزيجا غازيا من الميثان، والأمونيا (النشادر)، والهيدروجين، وبخار الماء، لمطابقة جوهر الغلاف الجوي البدائي للأرض. وبعد ذلك، قام ميللر ويوري بتسخين الماء، مما نتج عنه بخار steam دفع بقدر من المزيج الغازي عبر أحد الأنبوبين

إلى القارورة العلوية، وهناك تلقى الغاز دفعة قوية jolt من الطاقة في صورة تفريغ كهربي، مشابه لتفريغات البرق lightning discharges التي تحدث على الأرض. وفي الخطوة الأخيرة من التجربة، تسربت بعض الغازات من القارورة العلوية للأسفل عبر الأنبوبة الثانية، مما دفع بها إلى مكثف condenser، ومن ثم أعيدت ثانية إلى القارورة السفلية. وبذلك أعادت تجربة ميللر- يوري تمثيل دورة التبخر وهطول الأمطار على الأرض، بوساطة تطبيق مدخول input من الطاقة على المزيج خلال وجوده في المرحلة الغازية gaseous phase.

جاءت الاعتراضات الوحيدة على التجربة من قبل الكيميائيين المتشككين، إذ سأل أحدهم يوري خلال أحد المؤتمرات «ما الذي نتوقع الحصول عليه؟»، فأجابه يوري: «بيلشتاين Beilstein!»، مشيرا إلى مؤلف الكتاب الألماني الكلاسيكي «دليل الكيمياء العضوية [١٤]»، الذي بدأ كمجلد واحد، لكنه يتكون الآن من بضع مئات من المجلدات، كلها مخصصة لشرح خصائص المركبات الجزيئية المصنفة على أنها «عضوية» ـ أي المكونة من جزيئات الكربون كعنصر بنائي رئيسي.

راقب ميللر ويوري تقدم تجربتهما لبضعة أيام. ما الذي أنتجته؟ ليس جميع المركبات المدرجة في كتاب بيلشتاين، لكن طميا sludge مكونا من كثير من الجزيئات المختلفة، ومن بينها ـ وبأعداد كبيرة نسبيا ـ كانت هناك... أحماض أمينية! والأحماض الأمينية، وهي «القوالب البنائية» للحياة الأرضية، جزيئات صغيرة نسبيا، يحتوي كل منها على ما بين ١٣ و٢٧ ذرة، والتي يرتبط بعضها ببعض لتكوين جزيئات البروتين الأكبر حجما بكثير، والتي يحتوي الواحد منها على بضع مئات من جزيئات الأحماض الأمينية. وتتكون الذرات الموجودة في جزيئات الأحماض الأمينية بصورة أساسية من الهيدروجين، والكربون، والأكسجين والنتروجين، وهي أوسع أنواع الذرات في الكون انتشارا، إذا استثنينا الهليوم والنيون (اللذين لا يرتبطان لتكوين جزيئات)، والتي كانت موجودة على الأرض بكميات وفيرة.

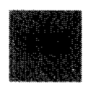
لكن لماذا تتمتع البروتينات بكل هذه الأهمية؟ إذا استبعدنا الماء، توفر البروتينات أكثر من نصف كتلة الخلايا الحية. وداخل هذه الخلايا، تقوم أنواع مختلفة من البروتينات بأداء مجموعة متنوعة بشكل مدهش من المهام، بما فيها الدعم البنيوي structural support، وتخزين الطاقة، وإرسال الإشارات،



والحركة، والدفاع ضد المواد الغريبة، وتحفيز بعض أنماط التفاعلات الكيميائية (ونحن نطلق على هذه البروتينات تحديدا اسم الإنزيمات enzymes). وتعد البروتينات من بين أكثر المركبات المعروفة تعقيدا، مع وجود تفاوت واسع في أشكالها وأحجامها. ويعمل الجسم البشري من خلال تشغيل عشرات الآلاف من الأنواع المختلفة من الجزيئات البروتينية، لكل منها وظيفة متخصصة. فكّر بطفل يلعب بمجموعة هائلة من المكعبات blocks التي تأتي في ٢٠ نوعا مختلفا فقط، ومكتوب على كل مكعب منها حرف أبجدي. فإذا رتّب الطفل المكعبات المكونة «لجمل» sentences يبلغ طول الواحدة منها مئات الحروف، فستكون أغلب هذه الجمل مجرد حروف لا معنى لها، كما هي الحال بالنسبة إلى أغلب تسلسلات الأحماض الأمينية العشوائية، من حيث فائدتها للخلايا الحية. لكن عددا قليلا من التباديل permutations البالغة التعقيد، سيكون لها أهمية قصوى. فإذا اتفق أن رتّب الطفل الجملة «ليست هناك معلومات أساسية عن البيولوجيا على المستوى الجزيئي، أكثر من حقيقة وجود عشرين حمضا أمينيا فقط ترتبط ببعضها البعض لتكون جميع أنواع البروتينات»، فسيكون إنجازه مقاربا للتعقيد الذي يجسده المخلوق الحي عند تشكيله لجزيء بروتيني كبير واحد من الأحماض الأمينية المتوافرة.

عندما تعلم أن تجربة ميللر ـ يوري أنتجت أحماضا أمينية، لكنها فشلت في تكوين أي جزيئات بروتينية، يمكن أن يكون رد فعلك واحدا من اثنين على الأقل: فقد تصاب بذهول شديد، كما فعل ميللر ويوري، لمعرفة أنه قد نتج عن التجربة عدد كبير من الأحماض الأمينية، أو يمكنك أن تفكر بأن نموذج الأرض البدائية قد طبق نموذج عملية صنع جزيئات معقدة حتى مرحلة الأحماض الأمينية فقط، والتي لا يحتوي أي منها على أكثر من ١١ ذرة كربون، أو ١٥ ذرة هيدروجين، أو ٤ ذرات من الأكسجين أو النتروجين. وهو وضع يبعد كثيرا عن ذلك التعقيد الموجود في أبسط صور الحياة الأرضية، لكن هل ذلك بعيد جدا عن الحد الأدنى من التعقيد الذي تتطلبه الحياة؟

كما رأينا من قبل، فإن تحليل البيضيات في الحجر النيزكي ALH 84001 أدى إلى طرح سؤال: ما هو أقل عدد ممكن من الجزيئات يمكنه «إنتاج» الحياة؟ ربما كان بوسع تجارب مثل تلك التي أجراها ميللر ويوري أن تزودنا في النهاية بإجابة عن هذا السؤال.



الأحماض الأمينية في الأحجار النيزكية

ومثلما أن إنتاج الأحماض الأمينية في تجربة ميللر - يوري لم يكن كافيا لصنع حياة في أنبوب اختبار، كذلك فإن اكتشاف أحماض أمينية في أحد الأحجار النيزكية، مهما بدا أمرا مذهلا، لا يثبت وجود حياة في الفضاء بين الكواكب.

في الثامن والعشرين من سبتمبر ١٩٦٩، سقط حجر نيزكي بقرب مدينة مورشيسون Murchison الأسترالية، وسرعان ما اكتشف أنه ينتمي إلى أكثر أصناف الكوندريت الكربونية بدائية، وبالتالي يمثل أولى كتل المادة اندماجا عند بداية تكوّن النظام الشمسي، منذ ما يزيد قليلا على أربعة بلايين ونصف بليون سنة. أظهرت دراسة المركبات الموجودة داخل الحجر النيزكي، وجود ٧٤ نوعا مختلفا من الأحماض الأمينية، بالإضافة إلى جميع المركبات الخمسة الصغيرة التي تصنع روابط متصالبة في الدنا DNA والرنا RNA. واستبعد احتمال وجود تلوث، لأن الحجر النيزكي كان حديث الاكتشاف وكانت الأحماض الأمينية واضحة داخله؛ وبعد سنوات قليلة، وجدت أحماض أمينية في حجر نيزكي آخر سقط قرب مدينة موراي Murray بولاية كنتاكي الأمريكية في العام ١٩٥٠.

وعلى أي حال، يبدو أنه من شبه المؤكد أن الأحماض الأمينية الموجودة في الحجرين النيزكيين اللذين عثر عليهما في مورشيسون وموراي، لم تنشأ في أنظمة حية. وهذا الاستنتاج مبني على حقيقة أن أغلب أنواع الأحماض الأمينية يمكن أن تظهر في واحد من نوعين اثنين، وكل منهما يمثل صورا مرآتية mirror-images للآخر، مثل قفازين أحدهما لليد اليمنى والآخر لليد اليسرى. وقد اختارت الحياة على الأرض نوعا واحدا فقط من الاثنين، وهو نوع اليد اليسرى، ولا تحتوي على أي مثال من الاحتمال الآخر، أي الأحماض الأمينية اليمينية. وقد حدث ذلك لأن التفاعلات الكيميائية تجري بفعالية أكبر عندما توجد جزيئات من «اتجاه يد» واحدة. عندما بدأت الحياة، يحتمل أن أحد الاتجاهين كان يتفوق على الآخر بميزة ضئيلة فيما يتعلق بالعدد، وذلك، ببساطة، بمحض المصادفة. ونظرا إلى أن النوع الأكثر توافرا قد جرى اختياره لإنتاج المزيد من الجزيئات الشبيهة به، أدت المنافسة البسيطة إلى سيادته التامة في جميع صور الحياة الأرضية.

يتوقع البيولوجيون من أي حياة تظهر في الكون أن تعتمد فقط أحماضا أمينية يسارية أو يمينية، أو مقابلاتها الوظيفية. وعلى العكس من ذلك، يجب أن تنتج العمليات غير البيولوجية عددا متساويا من الجزيئات اليمينية واليسارية، كما نجد في حجري مورشيسون وموراي النيزكيين. ولذلك، فإن تَوَجُّه handedness الأحماض الأمينية يزودنا باختبار محوري لوجود الحياة. وبالنسبة «لمُدَّع» يترافع لمصلحة الحياة على أساس وجود الأحماض الأمينية، يمكن «للدفاع» أن يجيب: إذا لم يكن القفاز ملائما، يجب عليك تبرئة المتهم. إن وجود أمزجة mixtures متساوية من الاتجاهين يثبت وجود أصل غير بيولوجي فوق مستوى الشك المعقول، بينما تزودنا سيادة التوجه اليساري على اليميني، أو العكس، بمؤشر قوي إلى أن عملية الانتقاء البيولوجية قد جرى تفعيلها. وينخرط ديفيد مكاي وزملاؤه حاليا في اختبار الحجر النيزكي ALH 84001 لمعرفة ما إذا كان يحتوي على أي أحماض أمينية. ترقب الأخبار، وتذكر أن تسأل، إذا أخبرك أي شخص بوجود أحماض أمينية في الحجر النيزكي المريخي، عن نوع التوجه ـ يميني أم يساري ـ الذي تظهره هذه الجزيئات.

إلى أي مدى تعتبر تجربة ميللر ـ يوري ممثلة للأرض العتيقة؟

إن مفاهيم علماء الفلك اليوم بخصوص الأرض البدائية، تختلف بصورة ملحوظة عما كان يعتقد قبل أربعة عقود. (وبالإضافة إلى ذلك، تشير النتائج المريخية إلى أننا يجب ألا نتسرع في استنتاج أن الحياة الأرضية نشأت هنا؛ فربما ظهرت تحت ظروف مختلفة تماما عن تلك التي كانت موجودة على الأرض البدائية، وقطعت الرحلة الطويلة عبر الفضاء بين الكواكب وربما الفضاء بين النجوم أيضا). وفيما يتعلق بالظروف التي سادت على الأرض البدائية، فإن التغير الرئيسي في استنتاجات الفلكيين يختص بكمية الهيدروجين الموجودة في الغلاف الجوي للأرض البدائية. فبدلا من الغلاف الجوي الغني بذرات الهيدروجين، والذي مثّله ميللر ويوري في تجربتهما، تشير أغلب الأبحاث اليوم إلى غلاف جوي فقير نسبيا إلى الهيدروجين، يحتوي على كميات أكبر بكثير من أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون. وقد أنتجت التجارب التي أجريت باستخدام نماذج للغلاف الجوي الفقير إلى

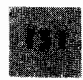
الهيدروجين، الكثير من الجزيئات المستخدمة في الحياة، على الرغم من أنها لم تنتج الأحماض الأمينية التي أنتجتها تجربة ميللر ـ يوري بصورة مذهلة للجميع. وتنتج هذه التجارب الأخيرة كثيرا من سيانيد الهيدروجين، والذي يمكنه أن ينتج بعض أنواع الأحماض الأمينية عندما يطفو فوق سوائل تشبه المحيطات البدائية عندما تعرض للأشعة فوق البنفسجية. ونظرا إلى أن الغلاف الجوي البدائي للأرض لم يكن يمنع الأشعة فوق البنفسجية الشمسية من الوصول إلى سطح الأرض، فإننا نجد أن الظروف السائدة على الأرض البدائية ـ وفقا لأحدث النماذج لدينا- كانت على الأقل ملائمة لصنع الأحماض الأمينية.

ويكمن أحد الدروس المهمة لتجربة ميللر ـ يوري، التي أجريت بعدة طرق مختلفة، في كونها أظهرت أنه بغض النظر عن التركيب الكيميائي الذي كان عليه الغلاف الجوي، فإن أيا منها لن يعمل ما لم يكن الأكسجين غائبا من الغلاف الجوي البدائي. فالأكسجين يمنع تكوين الأحماض الأمينية، أو حتى سليفاتها precursors، في مزيج من الميثان، والهيدروجين، والأمونيا (النشادر)، وبخار الماء: كان الأكسجين بمثابة السُّم للحياة حتى قبل ظهور الحياة. ولأن وجودنا نفسه يعتمد على الأكسجين، فقد يصعب علينا تصوره كسم قاتل، لكن الخاصية التي تجعل الأكسجين مفيدا عندما يمكنك التعامل معه ـ وهي تلهفه eagerness على الاتحاد مع العديد من الذرات والجزيئات البسيطة، في العملية المسماة بالأكسدة oxidation ـ تجعله يسبب مشاكل كثيرة لأي منظومة كيميائية، والتي ستصاب بالتعطل عندما تستحوذ ذرات الأكسجين، وتتفاعل، مع الجزيئات التي تحتوي عليها المنظومة. وإذا فكرنا بالأكسدة كاحتراق بطيء أو صدأ سريع للغاية (وهو صحيح في الواقع)، يمكننا إدراك أن الأكسدة ستدمر أي كائن حي غير مستعد للتعامل معها. منذ بليوني سنة، عندما بدأت الكائنات الحية المجهرية تطلق كميات كبيرة من الأكسجين إلى غلافنا الجوي، كان على الصور الحياتية الأخرى المعرضة لهذا «التلوث»، إما أن تتوارى عنه، أو تتكيف معه، أو أن تنقرض. وقد نشأ البشر وجميع أنواع الحيوانات الأخرى، نتيجة تكيف إيجابي positive adaptation لظهور الأكسجين في الغلاف الجوي للأرض، وتطورت لتستخدم الأكسجين، وليس للتعامل معه كسم زعاف.

إن النشوء، والبقاء، والانتشار، والتطور الناجح للحياة الأرضية، كل هذا يؤدي بنا مباشرة إلى عدد من الأسئلة، مثل: ما هي الظروف اللازمة لكي يمكن لعمليات مشابهة أن تصنع حياة في أماكن أخرى من الكون؟ وكم مرة تتوافر هذه الظروف؟ وعلى رغم خطورة أن يبدو الأمر كتكرار لمقولة قديمة، يجب علينا استحضار الردين التوأمين twin rejoinders: «لسنا على علم بالإجابات الآن»، و«عليك العثور على صور أخرى للحياة، وعندها سنعلم المزيد والمزيد».

التَبَزُّر الشامل Panspermia

علينا ألا نغفل وجود أصل ثالث محتمل للحياة - وهو أن الحياة نشأت من عوالم أخرى خلال البذر الكوني cosmic seeding. في عام ١٩٠٣، بعد قليل من تنامي الاهتمام الشعبي بالحياة على المريخ، والذي شجعته ملاحظات برسيفال لويل بوجود قنوات مريخية، كتب كيميائي سويدي اسمه سفانت آرهينيوس Arrhenius مقالة للمجلة الألمانية «البحث Die Umschau»، يقترح فيها أن الحياة ـ متحوصلة داخل أبواغ Spores [١٥] ـ يمكنها أن تسافر عبر الفضاء بين الكواكب، وحتى الفضاء بين النجوم، متطورة إلى مجموعة جديدة من الكائنات الحية، إذا اتّفق عثرت الأبواغ على بيئة ملائمة. كتب آرهينيوس قائلا: «وفقا لهذا المنظور، فمن المعقول تماما أن تكون الكائنات الحية الموجودة في جميع الكواكب ذات صلة قرابة فيما بينها، وأن أي كوكب ـ بمجرد أن يتمكن من إيواء الحياة العضوية ـ سرعان ما تسكنه هذه الحياة العضوية». لاحظ آرهينيوس أنه إذا كان هذا صحيحا، فسيكون التوصل إلى أصل الحياة أكثر صعوبة من تحديد كيف نشأت الحياة على ظهر الكوكب تحت الملاحظة المباشرة. وقد عرف مفهوم آرهينيوس للبَزْر الكوني باسم التَبَزُّر الشامل. ورغم أن فكرة البزر الكوني cosmic seeding ظلت على الرف لفترة طويلة، إلا أنها قفزت مجددا إلى دائرة الضوء عندما أذيعت أخبار الحجر النيزكي ALH 84001، مما حفّز ريتشارد زار على اقتراح أننا جميعا قد نكون ذوي أصول مريخية. ومن هذا المنطلق، فالمريخيون أيضا قد يكونون أرضيين، إذا وصلت صخرة تحتوي على كائنات حية من كوكبنا، إلى المريخ في سنواته الأولى، وزرعت الحياة الأرضية هناك. هل يمكن للحياة أن تبقى بعد رحلة بين الكواكب تستغرق ملايين السنين، متحوصلة في صخرة مثل الحجر



النيـزكي ALH 84001؟ المدهش هو أن الإجـابة قـد تكون: نعم؛ تبـدو بعض البكتيـريا الأرضية قادرة على البقاء إلى ما لا نهاية في صورة «خاملة»، جافة وغيـر فاعلة بالمرة، لكنها تظل قادرة تماما على استئناف مهامها البكتيرية بمجرد تعرضها للماء والدفء. (وبطبيعة الحال، فإن التجارب التي أجريت بهذا الخصوص لا تغطي حتى الآن سوى بضع سنين، وليس آلاف أو ملايين السنين). تمثل الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في الفضاء خطرا على الصحة، لكن حتى جزء بسماكة تبلغ جزءا من البوصة الواحدة من القشرة الخارجية لأي صخرة يوفر وقاية كاملة من الأشعة فوق البنفسجية لأي كائن حي بداخل نيزك سيار يزيد حجمه على حجم حصاة. وبالمثل، فإن الأشعة الكونية cosmic rays ـ وهي الجسيمات السريعة الحركة التي تمر عبر كامل الفضاء بين الكواكب ـ يمكنها إتلاف أو تحطيم حتى البكتيريا الهاجعة dormant، لكنها لا تستطيع اختراق الصخرة لعمق يزيد على بوصات قليلة.

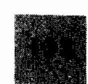
ولذلك، يمكن لأي نيزك سيار كبير الحجم أن يحمي الحياة الموجودة بداخله بسهولة. وربما نشأ أكبر خطر على رحلة «بين كوكبية»، من النشاط الإشعاعي الناتج من داخل الصخرة. وسيتضمن تراكم للمادة شبيه في تركيبه بنيزك سيار، أعدادا صغيرة من الأنوية المشعة، بما فيها النظائر المشعة لليورانيوم، والثوريوم، والربيديوم، والبوتاسيوم. ويؤدي تحلل هذه الأنوية، والتي تتوزع في جميع أجزاء الجسم object، إلى إنتاج جسيمات سريعة الحركة، كثير منها إلكترونات، يمكنها في النهاية قتل أي كائن حي. وعلى أي حال، فحتى النيزك السيار المتوسط الحجم يستغرق ملايين السنين للسفر من كوكب إلى آخر، كما فعل الحجر النيزكي ALH 84001، بينما يوجد عدد من الأحجار النيزكية المحظوظة ـ والتي يقذف بها إلى المسار المناسب تماما ـ والتي يمكنها قطع الرحلة في بضعة آلاف من السنين فقط. وفي هذه الحالة، يمكن للكائنات الحية الهاجعة بداخلها أن تظل على قيد الحياة على رغم تأثيرات الأنوية المشعة.

التَبَزُّر الشامل الموجَّه

إن اكتشاف وتحليل الحياة المريخية سيكشفان لنا الكثير عما إذا كانت البذور الكونية cosmic seeds قد انتقلت بين الكوكب الثالث والرابع من بين الكواكب الشمسية. وفي أثناء انتظارنا لهذا الحدث السعيد، يمكننا التفكر

فيما إذا كان من الممكن حدوث البزر الكوني ليس من قبيل المصادفة المحضة، بل كمحاولة متعمدة من الحياة الموجودة على كوكب ما لنشر بذورها في كوكب آخر. وبعد ٧٠ سنة من أولى منشورات آرهينيوس، قام عالمان بمعهد سولك Salk Institute بمدينة سان دييجو الأمريكية، وهما فرانسيس كريك Crick، البيولوجي الحاصل سابقا على جائزة نوبل لمساهمته في اكتشاف تركيب الدنا DNA، وزميله الذي لا يقل عنه احتراما، ليزلي أورجيل Orgel، بطرح نظرية «التَبَزُّر الشامل الموجه» directed panspermia. وحسب هذه النظرية، فإن المجتمعات خارج الأرضية ربما اختارت عمدا أن تعدي infect الكواكب الأخرى بأنماط الحياة السائدة فيها. وفي هذه المحاولة، تكون الكائنات الحية المجهرية أكثر إنتاجية بكثير بالنسبة للتكلفة cost-productive عن أنماط الحياة الأكبر حجما. تصوّر كريك وأورجيل سفينة فضاء تسبح بين النجوم محملة ربما بطن من الكائنات الحية المجهرية microorganisms – أي مائة عينة من كل من ألف تريليون (١٦) نوع من الجراثيم المختلفة. وفي أثناء طيرانها بسرعات منخفضة، يمكن لسفينة الفضاء أن تصيب بالعدوى أغلب الكواكب التابعة لدرب اللبانة (١٧) خلال بضع مئات الملايين من السنين من إقلاعها.

تساءل كل من كريك وأورجيل عن السبب الذي دفعنا، أو دفع أي نوع حي آخر، لتلويث الكواكب الأخرى، واعتقدا أننا ربما وجدنا حافزا لفعل ذلك إذا استنتجنا أننا وحيدون في الكون، وقررنا إغناء صفاته عن طريق نشر الحياة فيه. واعتبر علماء آخرون أن من بين الحوافز المحتملة لذلك، نظرية «حديقة الحيوان الكونية» cosmic zoo، والتي تفترض أن الحياة الأرضية ربما كانت نتيجة لتجربة بيولوجية لحضارة أخرى. ومثل كل العلماء الجادين، سأل كريك وأورجيل عن وجود أي دليل يدعم فكرة أن حضارات أخرى أرسلت جراثيم واستهلت الحياة على الأرض، ووجدا حجتين لمصلحة هذه النظرية؛ إحداهما حقيقة أن جميع صور الحياة الأرضية تدون كتاب الحياة الخاص بها باستخدام الشفرة الوراثية نفسها، وليس باستخدام عدد كبير من الشفرات المختلفة، التي ربما كانت متشابهة، والتي يمكن أن يتوقع المرء وجودها إذا كانت الحياة نشأت في مواقع متباينة من الأرض في أوقات مختلفة. والثانية هي أن الكثير من الكائنات الحية الأرضية لا تتطلب فقط الكربون، والهيدروجين والأكسجين والنتروجين، وهي الذرات الأساسية الموجودة في جميع صور الحياة الأرضية،



بل وذرات أخرى يندر وجودها على الأرض، مثل الكروم، والنيكل، والموليبدنم. فإذا وجدنا كواكب توجد فيها هذه الذرات بكميات أكبر بكثير مما عليه الحال في كوكبنا ـ الأمر الذي لا يزال مجرد نظرية حتى الآن ـ فقد يكون هذا ضربا من البصمات الكونية التي تكشف عن المكان الذي أرسل بالحياة إلى الأرض. وعلى أي حال، فكل ما تعلمناه عن الكون يشير إلى الاتجاه الآخر: فالكميات النسبية من الأنواع المختلفة من الذرات متشابهة في نجم وراء نجم، مع بعض الاستثناءات التي لا تغير النمط الأساسي.

ولذلك، فإن التَبَزُّر الشامل الموجه لا يزال مجرد فكرة معذِّبة tantalizing، سيتم اختبارها، مثلها مثل البزر الكوني بصورة عامة، عند اكتشاف أنماط للحياة خارج الأرض. يقول ليزلي أورجيل: «إنني أرى ثلاثة طرق أساسية يمكن أن تكون الحياة على الأرض قد ظهرت من خلالها؛ أولا، ربما تكون الحياة جُلبت إلى هنا بواسطة شهب أو أحجار نيزكية. ثانيا، ربما كانت تجربة ميللر ـ يوري [نمذجة modeling الأحواض المَدِّيَة] هي السبيل الصحيح. ثالثا، ربما ظهرت الحياة في الفجوات الأنبوبية الموجودة في البحار العميقة». وبالنسبة إلى وقتنا الحاضر، فإن جميع هذه الاحتمالات الثلاثة لجلب الحياة إلى الأرض لا تزال قابلة للتطبيق viable. وإذا أمكننا العثور على حياة خارج الأرض، وأمكننا أن نحدد كلا من شبهها بالحياة الأرضية والتاريخ التقريبي لنشوئها، سنكون قادرين على استنتاج المزيد والمزيد بخصوص السهولة التي تظهر بها الحياة في الكون. إن الموقع الذي سنجد فيه الحياة يجب أن يكشف لنا قدرا أكبر بكثير عن الطريقة المفضلة لنشوء الحياة. وعلى رغم أن الحجر النيزكي المريخي يبدو أنه يقرِّبنا من هذه المعرفة، فإننا ما زلنا في انتظار وصولها.

وبهذه الفكرة، يمكننا العودة إلى الكوكب الذي يسيطر على تفكيرنا بخصوص الحياة خارج الأرض، وهو الصخرة الشمسية الرابعة: المريخ.



6

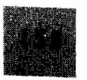
هل يمكن أن توجد حياة على المريخ الآن؟

«حاضرة المريخ هذه، هي جنة عدن الأخرى، نصف الجنة».

شكسبير

طوال القرن العشرين، نظرت البشرية بحق إلى المريخ على أنه أكثر الكواكب اللا أرضية احتمالا لأن توجد فيه حياة. ومن بين الكواكب الشمسية التسعة، هناك اثنان فقط ـ الأرض والمريخ ـ غمرتهما المياه في السابق، ولكل منهما غلاف جوي يدعم إمكان وجود الحياة فيهما بصورة مبهمة على الأقل. كما أن المريخ له فترة دوران rotation period متطابقة تقريبا مع فترة دوران الأرض؛ إذ إن كل يوم مريخي يساوي أكثر من $\frac{1}{2}$ ٢٤ ساعة بقليل. وحتى ميل tilt محور دوران المريخ يشبه ميل محور دوران الأرض (٢٤ درجة بدلا من $\frac{1}{2}$ ٢٣)، ولذلك فإن المريخ يتعرض أيضا لتغيرات موسمية في الحرارة، كما أن درجة سطوع الشمس فيه تشبه مثيلتها على الأرض.

وعلى عكس الأرض، فلا يمكن أن توجد مياه سائلة على سطح المريخ اليوم، ويحتوي غلافه الجوي الرقيق على ثاني أكسيد الكربون وأقل القليل من بخار الماء. وتتكون القمم القطبية



للمريخ بالمثل في معظمها من ثاني أكسيد الكربون المتجمد، مع كميات قليلة من الجليد العادي. وحتى يمكننا تفسير أوجه التشابه والاختلاف بين كل من الأرض والمريخ، ولتقدير احتمال وجود حياة على سطح المريخ الآن، يتعين علينا إجراء عملية فحص ثلاثية : للعمليات التي كوّنت هذه الكواكب قبل ٤,٥ بلايين سنة، وعملية تطور هذه الكواكب اللاحقة لها، وفي النهاية تقييم نتائج المختبرات المصغرة التي أرسلت إلى المريخ للبحث عن احتمال وجود حياة قبل عقدين من الزمن.

الصخرة الرابعة من الشمس : هل يعتبر المكان الخاطئ لوجود الحياة ؟

هناك حقيقتان أساسيتان ـ هما أحجام الكواكب وبُعدها عن الشمس ـ تفسران معظم الاختلافات بين الأرض والمريخ. فمن ناحية الحجم؛ يعتبر المريخ أصغر بكثير من الأرض، حيث إنه يمثل ٥٤ ٪ فقط من قطر الأرض و١١ ٪ من كتلتها. وبسبب صغر كتلته، فإن المريخ يطبق ٤٠٪ فقط من قوة الجاذبية الأرضية على الأجسام الموجودة على سطحه. ونظرا لأنه أبعد من الأرض كثيرا عن الشمس، فإن المريخ يحتفظ بمسافة عن الشمس تتراوح ما بين ١٣٠ ـ ١٦٠ مليون ميل، بينما يتراوح بُعد الأرض عن الشمس ما بين ٩١ ـ ٩٤ مليون ميل، نظرا لأنها تتحرك عبر مسار أكثر استدارة عن المريخ. ونتيجة لبعد المريخ الشديد عن الشمس، ونظرا إلى أن شدة ضوء الشمس تتناقص بصورة طردية مع مربع مسافة جسم ما عن الشمس، فإن كل قدم مربعة على المريخ يستقبل أقل من نصف الطاقة الشمسية المشعة التي تقع على كل قدم مربعة من الأرض. إن حاصل جمع صغر كتلة المريخ وانخفاض معدلات الحرارة الشمسية على سطحه، يتركه في صراع شاق للحفاظ على الظروف التي توفر نشوء الحياة واستمرارها.

يرتبط كل من هذين المعوقين لوجود حياة على المريخ، بموقع المريخ من النظام الشمسي. حيث إن بُعد المريخ الشديد عن الشمس ينتج عنه كميات أقل من حرارة الشمس، بينما نتج انخفاض كتلته عن سوء حظ المريخ لتكوّنه قريبا نسبيا من المشتري Jupiter، وهو الكوكب الخامس من حيث ترتيب بُعده عن الشمس ويعتبر أضخم الكواكب جميعها. وخلال الحقبة التي تكون فيها

الكوكب منذ حوالي ٤,٣ ـ ٤,٦ بلايين سنة، فإن كامل النظام الشمسي ـ أي الشمس وكواكبها والأقمار التابعة لها، بالإضافة إلى عدد كبير من الكويكبات، والشهب، والأحجار النيزكية ـ قد تكثف من سحابة دوارة من الغازات والغبار. ونتيجة لأسباب ما زالت في معظمها مجهولة، بدأت هذه السحابة تتكمش تحت تأثير جاذبيتها الذاتية. ومع انكماشها، تسطحت السحابة وازدادت سرعة دورانها، حتى أصبحت في النهاية مثل قرص مسطح دوار أكبر حجما من النظام الشمسي الحالي. وضمن هذا القرص الدوار، أدت الارتطامات بين جسيمات الغبار إلى ظهور ملايين من تكتلات المادة التي يبلغ كل منها حجم الجبل، والتي يطلق عليها الفلكيون اسم الكويكبات (١). تحرك كل كويكب في مدار حول الجزء المركزي، والأكثر كثافة، للسحابة، والذي سيصبح الشمس لاحقا. وبعد ذلك، أدى التصادم بين هذه الكويكبات إلى ظهور تجمعات كبيرة: وهي الكواكب، والنجوم الكبيرة التابعة لها، وأضخم السييرات asteroids.

الصراع من أجل الكتلة بين الكويكبات

مثل عائلة مكونة من طيور صغيرة تصرخ من أجل الطعام، فقد سعى كل كويكب في الواقع للوصول بكتلته إلى أقصى حد ممكن على حساب جيرانه، مستخدما الجاذبية كأداة للحصول على المادة matter. وقد حكمت هذا الصراع الحكمة التي تقول بأن «الذي يملك هو الذي سيعطي»، مما منح وصولا سهلا لعدد قليل نسبيا من الأجسام. وبرغم تطبيق كل كويكب لقوة جاذبيته على كل الآخرين، إلا أن أي مقابلة حميمة بين جسم كبير وآخر أصغر، كانت نهايته التهام الكويكب الكبير لما يحويه الصغير من كتلة. وأدت عمليات الاستيلاء هذه إلى زيادة كتلة الجسم الكبير، مما منحه فرصة أفضل لجذب الكويكبات الأخرى.

وفي نهاية الأمر، فبينما انضم أغلب المادة الأصلية إلى الشمس، تجمع معظم الكتلة الموجودة في الكويكبات لتكوين أحد الكواكب الشمسية أو أحد الأقمار الكبيرة التابعة لها. يعتبر المشتري Jupiter أكبر الكواكب الشمسية، وكتلته أكبر ٣١٨ مرة من كتلة الأرض ـ لكنها لا تزيد على ١/١٠من كتلة الشمس ؛ أما زحل Saturn فتبلغ كتلته ٩٥ مرة كتلة الأرض؛ وتبلغ كتلة أورانوس ١٥ ضعف كتلة الأرض ؛ ونبتون ١٧ ضعفا. يتكون معظم المشتري وزحل من الهيدروجين والهليوم، اللذين يمثلان أيضا ٩٩ ٪ من كتلة الشمس. ونظرا لتكونهما على مسافات تبلغ

٥ ـ ٣٠ ضعف بُعد الأرض عن الشمس، فإن الكواكب الأربعة العملاقة يمكنها الاحتفاظ بكميات كبيرة من الهيدروجين والهليوم، وهما أخف الغازات. ولحرارة الشمس، التي يبدو أنها قامت بتبخير أخف الغازات، تأثير أقل في المناطق البعيدة عن الشمس. وحيث إن المناطق الأكثر بُعدا تضم مساحات أكبر من الفضاء، فقد كانت تضم كتلة أكبر من المادة، والتي قامت بدورها بتطبيق قدر أكبر من قوى الجاذبية. وعلى العكس من ذلك، فإن المناطق القريبة من الشمس لم تستطع قط «إنماء» كويكبات ذات حجم كبير لدرجة تكفي للاحتفاظ بالهيدروجين والهليوم. وبمجرد أن بدأت الشمس تشرق، أدى دفئها لتبخير كل هذين العنصرين تقريبا من النظام الشمسي الداخلي. ونتيجة لذلك، فإن الكواكب الشمسية الأربعة الداخلية ـ وهي عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ ـ تتكون بصورة رئيسية من السيليكون، والأكسجين، والألومنيوم، والحديد، من دون وجود يذكر للهيدروجين والهليوم. إن جميع الهيدروجين المحتجز في محيطات الأرض، والتي يبلغ متوسط عمقها أقل من ١/١,٠٠٠ من نصف قطر الأرض، يمثل ما يقل كثيرا جدا عن ١ ٪ من إجمالي كتلة كوكبنا.

كان أداء كوكب الأرض هو الأفضل بين الكواكب الداخلية فيما يتعلق بالمنافسة على المادة. أما كوكب الزهرة، وهو شبه توأم الأرض من حيث الحجم والكتلة، فلا تزيد كتلته على ٨١ ٪ من كتلة الأرض؛ وعطارد Mercury، الذي هو أصغر حتى من المريخ، تبلغ كتلته ٥,٥٪ من كتلة الأرض. ونتيجة لصغر كتلته وقربه من الشمس، لا يستطيع عطارد منع الغازات من التسرب، ولذلك فليس لديه أي غلاف جوي تقريبا. وعلى العكس من ذلك، يمتلك كوكب الزهرة غلافا جويا من ثاني أكسيد الكربون الذي يبلغ من السماكة حدا يضغط به على سطحه بقوة تزيد مائة مرة على الضغط السطحي على الأرض. وهذا الغلاف الجوي هو بالضبط ذلك النوع الذي نتوقع نشوءه على كوكب بحجم الأرض لو لم تقم الكائنات الحية بتكوين صخور كربونية تحجز معظم ثاني أكسيد الكربون قرب السطح، مما يمنع وجود غلاف جوي كثيف من ثاني أكسيد الكربون.

ومثله مثل كوكب الزهرة، فإن المريخ يمتلك غلافا جويا كثيفا من ثاني أكسيد الكربون، لكنه رقيق لدرجة أن الضغط السطحي هناك يقل عن جزء من مائة من الضغط الموجود على سطح الأرض. وفي هذا الضغط المنخفض، والناتج عن صغر كتلة المريخ، يمكن تفسير الغياب الكامل للمياه السائلة على سطح كوكب المريخ.

لماذا لا يمكن وجود مياه سائلة على سطح المريخ الآن ؟

لا يمكن أن توجد مياه سائلة على سطح المريخ، لأن الماء على المريخ يسلك السلوك نفسه لثاني أكسيد الكربون على الأرض. حيث إن الضغط الجوي على سطح المريخ يساوي ٦ مللي بار [٢] فقط - أي ما يعادل ٠,٦٪ من الضغط الجوي على سطح الأرض. وتقع هذه الكمية تحت أقل ضغط يسمح بوجود الماء بالشكل السائل. وعوضا عن ذلك، فإن أي جليد ترتفع درجة حرارته لأعلى من ٣٢ درجة فهرنهايت (صفر درجة مئوية) يتسامى sublimates على الفور متحولا إلى بخار ماء، وأي بخار ماء يبرد لأقل من نقطة التجمد سيتكثف ليتحول مباشرة إلى جليد صلب.

إن أي شخص استخدم الماء المغلي لطهو بيضة في مدينة مرتفعة كثيرا عن سطح البحر، مثل دنفر [٣] أو كويتو [٤]، يعرف جيدا أن الماء هناك يغلي عند درجة حرارة أقل من مثيلتها عند مستوى سطح البحر. ويحدث ذلك للسبب نفسه الذي يجعل البعض يشعرون بصعوبة في التنفس في الارتفاعات الشاهقة : حيث إن الضغط الجوي يقل كلما زاد الارتفاع. وكذلك فإن الضغط الجوي هو الذي يمنع الماء من الغليان حتى تبدأ جزيئاته في اكتساب سرعات كافية للهرب من الحالة السائلة والالتحاق بالغلاف الجوي. وعند مستوى البحر، يحدث الغليان عند ٢١٢ درجة فهرنهايت (١٠٠ درجة مئوية)، لكن عند الارتفاعات الشاهقة، حيث ينخفض الضغط الجوي، فإن درجة حرارة الغليان تنخفض. فمثلا على قمة جبل ويتني [٥] أو ماترهورن [٦]، على ارتفاع ثلاثة أميال فوق مستوى سطح البحر، ينخفض الضغط إلى نصف قيمته عند مستوى سطح البحر، وتساوي نقطة الغليان ١٧٥ درجة فهرنهايت (٨٠ درجة مئوية). ويمكننا أن نتخيل الارتفاع لمستوى أعلى في الغلاف الجوي لمشاهدة درجة الغليان تنخفض إلى ١٢٠ درجة فهرنهايت، ثم ٨٠ درجة فهرنهايت وفي النهاية إلى ٣٢ درجة فهرنهايت وهي نقطة تجمد الماء. وعند هذه النقطة، لا يساوي الضغط الجوي أكثر من ١٦٥ / ١ - أي ٠,٦ ٪ - من قيمته عند مستوى سطح البحر. ومن قبيل المصادفة، فإن هذا الضغط يساوي تماما معدل الضغط السطحي على المريخ الآن.

وعندما تهبط نقطة الغليان لتصل إلى نقطة التجمد، لا يمكن أن توجد مياه سائلة. وعوضا عن ذلك، فإن أي جليد تصل حرارته إلى ٣٢ درجة فهرنهايت سيتحول على الفور إلى بخار ماء، لكن ليس إلى مياه سائلة أبدا.

ويطابق هذا ما سبق أن لاحظناه على ثاني أكسيد الكربون على الأرض. ونظرا لأن ثاني أكسيد الكربون يظل متجمدا عند درجات الحرارة الأقل من -٧١ درجة فهرنهايت (- ٥٧ درجة مئوية) فإن بائعي البوظة (Ice cream) يستخدمون كتلا من هذا «الجليد الجاف» للمحافظة على برودة بضاعتهم. وعندما يسخن هذا الجليد الجاف يتحول إلى غاز ثاني أكسيد الكربون بمجرد وصوله لدرجة - ٧١ فهرنهايت. وينطوي اسم «الجليد الجاف» dry ice، بحق، على عدم ظهور ثاني أكسيد الكربون السائل. فإذا أردنا إنتاج ثاني أكسيد الكربون السائل، علينا أن نرفع الضغط إلى ٥,١ أضعاف الضغط الجوي أي ٥,١ أضعاف الضغط الجوي عند مستوى البحر، والذي يعادل الضغط الذي يشعر به الغواص على عمق ١٢٥ قدما في المحيط. وعند هذا الضغط، سيتحول ثاني أكسيد الكربون إلى سائل بمجرد أن ترتفع حرارته إلى - ٧١ درجة فهرنهايت، وكلما زدنا الضغط، ارتفعت درجة الحرارة اللازمة لتبخير السائل. وعند ضغط يبلغ ٧٠ ضعف الضغط الجوي، يمكننا الاحتفاظ بثاني أكسيد الكربون سائلا حتى درجة ٨٥ فهرنهايت (٣٠ درجة مئوية).

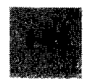
ليس هناك ماء، ليست هناك حياة

في غياب المياه السائلة، لا يمكننا توقع الحياة مطلقا، فكل شيء نعرفه عن الظروف التي يمكن للحياة أن تستمر تحتها، يقودنا لاستنتاج أن وجود المياه السائلة شرط أساسي لوجود الحياة. ويمكن أن نفترض وجود استثناءين من هذه القاعدة العامة. أولا، يمكن أن نتخيل أن تلعب مادة أخرى، مثل الأمونيا أو الكحول الميثيلي، دور المذيب solvent للحياة اللا أرضية، مما يسمح للجزيئات بأن تطفو وتتفاعل داخلها، كما تدرأ buffer التغيرات البيئية بحيث أن ارتفاعا مفاجئا في درجة الحرارة، على سبيل المثال، لن يؤدي إلى تعطل وظائف الكائن الحي. وعلى أي حال، يبدو أن الماء لا يمثل فقط أفضل مذيب بالنسبة للأنماط المحتملة من الحياة، بل والمذيب الذي يمكن الحصول عليه بسهولة من أكثر الذرات انتشارا في الكون. ثانيا، فإن بعض أشكال الحياة على الأرض لا تتطلب وجود مياه سائلة في كل مراحل وجودها، ولكن فقط أثناء المراحل الحيوية. وعلى الرغم من ذلك، يمكننا أن نُصِرَّ على اعتقادنا بأنه حتى يثبت العكس، فيمكننا توقع وجود الحياة في حالة وجود بعض المياه السائلة على الأقل.

هل يعني ذلك عدم إمكان وجود حياة على المريخ؟ إطلاقا! فالضغط الجوي المنخفض ينفي احتمال وجود الماء في صورة سائلة على سطح المريخ. ولذلك، فإن احتمالات وجود الماء على سطح المريخ تتضمن أطراف القمم القطبية، حيث يمكن أن تتكون جيوب من المياه السائلة تحت الجليد؛ أي كهوف جوفية، التي ربما احتفظت ببعض الحرارة المتبقية من تلك الأيام التي كانت فيها البراكين نشطة على سطح المريخ؛ وكامل التربة تحت السطحية (٧) للمريخ، حيث تشير جميع الدلائل إلى وجود كميات كبيرة من الماء المتجمد بصورة دائمة داخل التربة. ويعني احتمال الجمد السرمدي هذا (٨) أن سطح المريخ يمكن أن يشبه التندرا السيبيرية (٩)، حيث يمتد الجمد السرمدي هناك لمسافة آلاف الأقدام تحت الأرض، ويحتوي على مستعمرات بكتيرية تنمو تحت الظروف المناخية المحلية، مما يسمح لكميات قليلة من الماء بأن تصل إلى درجة السيولة في أي لحظة.

ومن شبه المؤكد أن البكتيريا الموجودة في الجمد السرمدي السيبيري قد تطورت من أسلاف كانوا في حاجة إلى قدر أكبر من المياه السائلة، لكنها بالتدريج تكيفت على الظروف القاسية للتربة المتجمدة. ولذلك فيجب ألا نجزم بأن وجودها يعني ضمنا أن الأرض ليست بها بيئة أكثر خشونة من أن تسمح بوجود الحياة. يبدو أن الحياة الأرضية التي يمكن اكتشافها غائبة تماما عن جزأين كبيرين من كوكبنا؛ وهما الصفيحة الجليدية القطبية الجنوبية الواقعة تحت طبقاتها العليا، والجبال المتكونة حديثا من الحمم Lava التي تكونت في مناطق مثل جزر هاواي. وبالنسبة لجبال الحمم فقد بدأت تستعمرها الحياة تدريجيا من المناطق القريبة، لكن الكتلة الهائلة من جليد قارة أنتاركتيكا القطبية الجنوبية ظلت تمثل ضربا من الخواء البيولوجي.

يبدو أن الأمل في وجود حياة على سطح المريخ الآن، معقود باكتشاف مناطق يمكن أن توجد فيها المياه بصورة سائلة، برغم حقيقة أننا لا نرى أي مياه سائلة على سطح المريخ؛ ويمكننا إظهار أننا لا نتوقع العثور على أي منها. ومن ناحية أخرى، فإن سطح المريخ يحتوي على أدلة كثيرة على أن المياه السائلة كانت موجودة من قبل بكميات غزيرة، مخلفة وراءها قيعان البحيرات، والقنوات، وحتى مناطق صغيرة تشير إلى تعرضها لفيضانات في الماضي. وباختصار، فقد تغير المريخ بمرور السنين من كوكب توجد مياه سائلة على سطحه، إلى كوكب يفتقر إلى تلك المياه.



التغيرات البعيدة المدى في الظروف الكوكبية

بعيدا عن البقاء في حالة واحدة مستديمة، هناك اثنان على الأقل من الكواكب الشمسية مرّا بتغيرات مذهلة في جميع أجزاء الكوكب خلال ٤,٥ بلايين عام منذ تكونهما. وحدثت أكثر التغيرات على سطح كوكب الأرض، بفضل ظهور الحياة على سطحه وقريبا منه، وبفضل النشاط التكتوني لقشرة الأرض التي تتحرك بصورة مستمرة وتطمر أجزاء من القشرة الأرضية في باطنها. قامت الحياة على سطح الأرض باحتجاز معظم الكربون القريب من سطحها، مما جعلنا نعيش في ظروف من الحرمان النسبي من الكربون. ولو لم يكن الأمر كذلك، فإن الكربون ـ في شكل ثاني أكسيد الكربون ـ كان سيسود غلافنا الجوي ليجعلنا نتصبب عرقا داخل دفيئة فائقة supergreenhouse خانقة ناتجة عن قدرة ثاني أكسيد الكربون على امتصاص الحرارة. بالإضافة إلى ذلك، فقد أغنت الحياة الأرضية هواءنا بالأكسجين، لذلك فبدلا من وجود غلاف جوي غني بثاني أكسيد الكربون مع خليط من النتروجين، أصبح لدينا غلاف جوي أرق يتكون في أربعة أخماسه من النتروجين، وخمس من الأكسجين.

وعلى المريخ، لا يمكننا أن نرى أي إشارات (حتى الآن!) إلى أن الحياة قد أحدثت تغيرات مشابهة على هذا الكوكب، لكن المريخ أيضا قد خضع لتغيرات معتبرة، مما حوله من كوكب بهيج إلى كوكب عدائي. ولا تزال أسباب هذه التغيرات غامضة، برغم أن الفلكيين والجغرافيين لا تعوزهم الأفكار الخاصة بهذا الموضوع. ونحن نعرف بالفعل أن المريخ كان به ذات يوم أنهار، وبحيرات، ومياه جارية، وتبخر، وهطول للأمطار. وكثير من الأدلة التي تدعم هذا الاستنتاج كانت موجودة قبل أن يضيف الفحص التفصيلي للحجر النيزكي ALH 84001 ثقلا يدعم الأدلة على أن المريخ القديم كان كوكبا رطبا (١٠).

الدليل على وجود مياه سائلة على المريخ

نظرا لأن المريخ قد ولد صغيرا ـ حيث لا يتعدى قطره نصف مثيله في الأرض، بينما تبلغ كتلته عُشر كتلة الأرض ـ فإنه يفتقر إلى القدرات التي تمتلكها الأرض في احتجاز، والاحتفاظ بجزيئات متطايرة volatile مثل النتروجين، والماء، وثاني أكسيد الكربون؛ وهي المركبات التي يتكون منها الغلاف الجوي لكوكبي

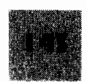
الأرض والمريخ. وقد ولد المريخ فقيرا نسبيا في المواد الطيارة، وازداد فقرا بها مع تقدمه في العمر. وعلى مدى بلايين السنين، كان المريخ يحتوي مياها سائلة على سطحه، ولكن مع تقدم الكوكب في العمر، اختفت هذه المياه تدريجيا.

ولكن كيف عرفنا أن المريخ كانت به مياه سائلة في الأحقاب الغابرة؟ ظهر الدليل على ذلك قبل ربع قرن، عندما قامت المركبة الفضائية «مارينر» (١١) بتصوير كامل سطح الكوكب. وقد أظهرت هذه الصور، والتي أُثبتت صحتها بمزيد من التفصيل بوساطة العربة (الفضائية) المدارية (١٢) «فايكنج» Viking، وجود قنوات متعرجة sinuous، والتي يؤكد الجغرافيون أنها نُحتت بفعل حركة سائل ما، بالإضافة إلى القيعان الجافة للبحيرات، ومثال واحد على الأقل لحدوث تدفق مفاجئ للماء على نطاق واسع.

ونجد أن السائل الوحيد المحتمل وجوده على المريخ أصلا هو الماء، والذي تتكون جزيئاته من اثنين من أوسع عناصر النظام الشمسي انتشارا، كما أن قياسات منظار التحليل الطيفي (١٣) لضوء الشمس المنعكس عن القمم القطبية المريخية أثبتت أنها تتكون بصورة رئيسية من ثاني أكسيد الكربون المتجمد، لكن جزءا من واحد في المائة من كامل حجمها يتكون من جليد الماء water ice، كما أن كمية ضئيلة من بخار الماء توجد في الغلاف الجوي الرقيق للكوكب.

ومن شبه المؤكد أن المريخ لم تكن به يوما محيطات على امتداد كامل الكوكب planet-wide، كما كان الأمر على الأرض في الماضي، وإلى درجة كبيرة في الحاضر. وعلى أي حال، فقبل حوالى أربعة بلايين سنة، كانت المياه السائلة تجري عبر سطح المريخ، ومن المحتمل أن مياه الأمطار كانت تهطل من سمائه أيضا. ولابد أن الغلاف الجوي كان أكثر سمكا في ذلك الوقت حتى يمكنه دعم تأثير للدفيئة أكبر بكثير، إضافة إلى دعم أعلى للضغط السطحي أعلى، واللازم للسماح بوجود مياه سائلة على المريخ.

ومن المحتمل أن هذا الغلاف الجوي قد نشأ عن نشاط بركاني. أما اليوم، فنجد أن البراكين المريخية قد خمدت أو اندثرت، على رغم أن كبر حجم كتلتها يجعل منها أعلى الجبال في النظام الشمسي، مما يمثل دليلا صامتا على أن سطح المريخ كان محلاً لنشاط بركاني أدى إلى انطلاق غازات الهيدروجين، وأول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون و النتروجين، والتي احتبست في الطبقات



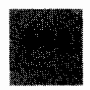
تحت السطحية للكوكب. ولابد أن هناك كميات أكبر من هذه الغازات قد أتت من الفضاء، محتبسة في الكويكبات والشهب الجليدية، خلال فترة العصف الشديد التي انتهت قبل ٣,٨ بلايين سنة.

ونتيجة لهذا العصف bombardment وانبعاث الغازات من البراكين، فلابد أن كوكب المريخ، كان يمتلك، منذ بلايين السنين غلافا جويا سميكا يتكون أساسا من نوعين من الغازات : ثاني أكسيد الكربون والذي يكون الجزء الأكبر من الغلاف الجوي الحالي للمريخ، وبخار الماء. ولو أن هاتين المادتين وجدتا بكميات كبيرة لدرجة تكفي لزيادة الضغط الجوي الحالي بعشرة أضعاف، ربما وجد الماء بصورة سائلة في ظل وجود حرارة تتراوح بين ٣٢ و٧٠ درجة فهرنهايت (٠ ـ ٢١ درجة مئوية). لكن، وعلى العكس من ذلك، إذا احتوى الغلاف الجوي للمريخ على كمية من ثاني أكسيد الكربون تزيد على ما يحتويه الآن بمائة مرة، لارتفع الضغط الجوي إلى ٦٠ ٪ من الضغط السطحي على الأرض، مع امتداد مدى درجات الحرارة التي يوجد فيها الماء بصورة سائلة إلى ما بين ٣٢ ـ ١٨٥ درجة فهرنهايت (٠ ـ ٨٥ درجة مئوية).

يعتقد علماء الكواكب أن الغلاف الجوي البدائي للمريخ كان أكثر سُمكا ـ ربما في السماكة نفسها لمثيله في الأرض الآن. فإذا كان الضغط الإضافي للغلاف الجوي قد ارتفع، فليس ذلك فقط بفعل ثاني أكسيد الكربون، ولكن أيضا بفعل بخار الماء الموجود في الغلاف الجوي، وهو أفضل كثيرا : فقدرة الماء على البقاء سائلا تعتمد فقط على الضغط الجوي الكلي، كما أن وجود كمية أكبر من بخار الماء يجعل تكوّن دائرة من التبخر وهطول الأمطار أقرب احتمالا.

المريخ : جنة عدن الأخرى أو نصف الجنة

ولذلك، فإن المريخ البدائي ـ وهو الكوكب الذي كان عليه قبل ما يزيد على أربعة بلايين سنة، عندما كان عمره يقل عن نصف بليون سنة ـ كانت به وفرة من المياه السائلة، وغلاف جوي أكثر سُمكا بعشرات أو مئات الأضعاف مما هو عليه الآن. وبرغم أن العلماء لم يتفقوا على ما إن كانت الدورات الكاملة لهطول المطر، والتبخر، والمزيد من هطول الأمطار قد حدثت على سطح المريخ البدائي أم لا، فإنهم اتفقوا على أن المياه السائلة قد نحتت القنوات، التي ما زالت مرئية بعد مضي أربعة بلايين سنة، والتي ملأت ذات يوم بعض الفوهات البركانية التي تُظهِرُ من الداخل وجود خطوط شواطئ بحرية قديمة.





تبدو البراكين المريخية الأربعة الكبرى المندثرة في هذه الصورة، مع تركيب خريطة شرق الولايات المتحدة فوقها لتوضيح مقياس الحجم. إن أعلى البراكين هو جبل الأوليمب Olympus Mons، والذي يبلغ عرضه ٤٠٠ ميل وارتفاعه ١٥ ميلا، ويعد أكبر جبل في النظام الشمسي (صورة وكالة «ناسا»).

لم يكن المريخ البدائي أكثر رطوبة من المريخ الحالي فحسب، لكنه كان أكثر دفئا أيضا. حيث إن الكميات الضخمة من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء التي كانت موجودة بغلافه الجوي من شأنها أن تعمل على زيادة «تأثير الدفيئة»، وهي قدرة الغلاف الجوي على احتجاز الأشعة دون الحمراء من السطح، وبالتالي يظل الكوكب دافئا. وحتى في يومنا هذا، هناك نقاط على خط الاستواء المريخي Martian equator تصل حرارتها وقت الظهيرة إلى ٦٠ أو ٧٠ درجة فهرنهايت (١٥ إلى ٢١ درجة مئوية)، على رغم أن حرارته تنخفض لدرجة أقل من ١٠٠ درجة تحت الصفر في منتصف الليل، إذ إن قدرة الغلاف الجوي الرقيق على الاحتفاظ بالحرارة ضعيفة للغاية. ومع وجود غلاف جوي أكثر سُمكا بعشرة مرات من الغلاف الحالي، لابد أن درجة حرارة المريخ خلال النهار كانت أعلى قليلا وأكثر دفئا خلال الليل. في مسرحية شكسبير «الملك ريتشارد الثاني»، تحدث عم الملك - جون أوف جونت John of Gaunt - عن «أرض العظمة هذه، أما حاضرة المريخ هذه فهي جنة عدن الأخرى، نصف الجنة». وعلى رغم أن مقولة جونت «حاضرة المريخ» كانت في الحقيقة إشارة إلى إنجلترا، إلا أن الوصف الذي أطلقه على المريخ: «جنة عدن الأخرى، نصف الجنة»، يعتبر وصفا جيدا لسطح المريخ، قبل أربعة بلايين سنة، عندما كانت الأمطار تسقط، والمياه تتدفق، والبراكين تقذف حممها، والظروف المهيأة للحياة متوافرة في كل مكان.

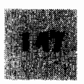
أين ذهبت المياه ؟

ما الذي حدث للمريخ البدائي الذي أطلق عليه نصف الجنة؟ بطريقة ما، أصبح الغلاف الجوى أرق بصورة مطردة. وربما تَسَرَّب بعض ثاني أكسيد الكربون إلى الفضاء، كما تجمدت بعض جزيئات ثاني أكسيد الكربون في القمم القطبية المريخية. وبالمثل، فقد تسرب بعض بخار الماء إلى الفضاء، بينما انضمت كمية ضئيلة إلى الجليد الجاف للقمم القطبية؛ أما الجزء الأكبر من المياه، فمن المحتمل جدا أنه بقي موزعا في جميع أرجاء الكوكب، ليس فوق سطح المريخ ولكن تحته.

وبصرف النظر عن المكان الذي تسرب إليه كل من ثاني أكسيد الكربون وبخار الماء، فإن حقيقة اختفائهما شبه الكلي من الغلاف الجوي للمريخ كان لها تأثير مأسوي في بيئة المريخ. فمع انخفاض الضغط الجوي، يقل أيضا مقدار تأثير الدفيئة للغلاف الجوي، لأن الغلاف الجوي كان يحتوي على جزيئات أقل، مما يمنع الحرارة من الهروب من سطح الكوكب. ومع انخفاض تأثير الدفيئة، فإن المريخ لم يفقد فقط فرصته لامتلاك مياه سائلة، بل وقدرته على أن يكون دافئا نسبيا في الليل. وعمل ذلك على زيادة معدل اختفاء المياه من على سطح المريخ، وبالتالي تسربه إلى الجمد السرمدي أو القمم القطبية.



يبدو أن هذه القنوات الواسعة الملتوية على سطح المريخ قد نُحِتت بفعل المياه المتحركة. كما أن أعداد الفوهات البركانية الصغيرة التي تُرى في قيعان القنوات قد مكنتنا من تحديد أعمار هذه القنوات بثلاثة بلايين سنة على الأقل، اعتمادا على ما يعرفه الفلكيون عن معدلات عصف الأحجار النيزكية للمريخ (صورة وكالة «ناسا»).

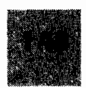




تسمى هذه المنطقة على سطح المريخ بالجيب المرجريتي Margaritifer sinus، وتضم ما يبدو كأنه حوض بحيرة قديمة. يشير مركب القنوات الرفيعة التي ترى قرب منتصف الصورة إلى أن المياه قد وجدت لفترة طويلة من الزمن بجوار هذه البحيرة. ويعتبر الخبراء هذا مكانا ممتازا للبحث عن الصخور الرسوبية التي يمكنها حفظ الحياة الأحفورية fossil life (صورة وكالة «ناسا»).



هذا الوادي الكبير الذي يأخذ شكل مثلث والذي يبلغ عرضه أكثر من ٢٠ ميلا، من المحتمل أن يكون قد ظهر نتيجة لانهيار مفاجئ لسطح المريخ، ربما في أثناء انصهار الجمد السرمدي أو الجليد الجوفي، مما أدى إلى حدوث فيضان هائل مفاجئ تسبب في نحت القناة الممتدة يسارا (صورة وكالة «ناسا»).

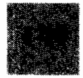


كان التأثير الصافي لذلك هو تحويل المريخ البدائي المملوء بالمياه السائلة إلى عالم جاف تماما، يفتقر إلى أي فرصة لوجود سوائل. وربما لم يستغرق حدوث هذا التغير أكثر من مائة مليون سنة، عند فترة تتراوح بين ثلاثة وأربعة بلايين سنة خلت. وخلال تلك الحقبة، حدث الوداع الحزين لاحتمال وجود الحياة على سطح المريخ، والترحيب بالكوكب العدائي للحياة الذي نعرفه الآن.

إن ما نعرفه، وما توصلنا إلى استنتاجه عن أصل الحياة على الأرض، يشيران بقوة إلى أن المريخ البدائي كان مهيأ لوجود الحياة عليه بقدر تهيؤ الأرض البدائية لذلك. ولو كانت الحياة ظهرت على سطح المريخ البدائي قبل ما يقرب من أربعة بلايين سنة، فإن السؤال الشديد الإلحاح الذي يواجهنا اليوم هو: هل اختفت الحياة تماماً على الكوكب الأحمر، أم أن الحياة وجدت أماكن قليلة تلوذ بها، بل ربما كانت موجودة حتى اليوم، في انتظار اكتشافنا لها؟



تتكون القمة القطبية الجنوبية للمريخ من ثاني أكسيد الكربون المتجمد بالإضافة إلى بعض الجليد. وعلى رغم عدم وجود الماء، وهو ضروري للحياة، هل يمكن وجود الحياة على سطح المريخ...؟ يتوقع العلماء أن الكائنات الحية يمكنها أن تعيش تحت القمم القطبية المتجمدة (صورة وكالة «ناسا»).



وإذا كانت الحياة تستلزم وجود المياه السائلة، كما هي الحال بالنسبة إلى الحياة على الأرض، فلا يمكننا توقع وجود الحياة على سطح كوكب المريخ. لكن ذلك لا يلغي جميع احتمالات وجود حياة في المريخ. فيمكننا أن نتخيل أشكالا من الحياة وجدت مستقرا لها تحت القمم القطبية، أو - وهو تصور أفضل - في الكهوف تحت الأرض، والتي تسخن بفعل النشاط البركاني. وهذه «الواحات الجوفية» هي من وحي الخيال المحض حتى الآن. لكنها تحتل مرتبة متقدمة في القائمة التي تضم الأشياء التي يود العلماء بحثها عند أي عودة إلى المريخ. ومن الممكن أن يساعد استشعار درجة الحرارة على تحديد مكان مناطق تحت الأرض تكون أكثر دفئا بكثير عمّا حولها، وربما أمكن للروبوتات المستكشفة robot explorers بعد ذلك، أن تقوم بالحفر حتى تصل إلى ما قد يثبت أنها مستودعات جوفية استمرت فيها بعض أشكال الحياة لمدة تقترب من أربعة بلايين سنة، على رغم غياب المياه السائلة من سطح كوكب المريخ.

نكتفي الآن بكل ألفاظ «ربما» هذه!، ولنفكر في شعور الإثارة أو الإحباط الذي عاشه العلماء الذين كانوا يحلمون باكتشاف حياة على سطح المريخ، طوال تلك السنوات العشرين التي تلت النتائج السلبية التي حملتها رحلات المركبة الفضائية فايكنج إلى المريخ، والذين علموا الآن من الحجر النيزكي ALH 84001 أنه ربما كانت هناك حياة على سطح المريخ منذ ثلاثة إلى أربعة بلايين من السنين. ولا تفصلهم سوى بضع عشرات الملايين من الأميال عن فرصة تحديد ما إن كانت هناك حياة على سطح المريخ الآن، ولو كانت هناك حياة بالفعل، عن تحليل أشكال الحياة هذه لمعرفة أوجه الاختلاف والتشابه بينها وبين الحياة الأرضية.

ما مدى الاختلاف الذي يجب أن نتوقعه في الحياة المريخية؟

ليس بوسعنا حتى أن نأمل في أن يكشف تحليل الحجر النيزكي ALH 84001 أي أثر للدنا DNA أو أي شيء يشبهه، حيث لا يمكن لأي من هذه الجزيئات أن تبقى لبلايين السنين من دون أن تتعرض للانحلال [١٤] أي التفكك إلى جزيئات أصغر بكثير. ويبدأ انحلال الدنا DNA فور التعرض للبيئة الخارجية، وبسبب ذلك يفترض أن يعمل مفتشو الشرطة بأقصى سرعة

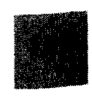
على نقل عـينـاتهم إلى المخـتـبـر لتـحليلهـا. لكن مـاذا عن الدنا DNA الديناصوري الوهمي الذي اشتهر في كتاب وفيلم الحديقة الجوراسية [١٥]؟ يتخيل هذا السيناريو أن بعوضة لدغت ديناصورا، ثم احتبست في كتلة من الكهرمان [١٦]، مما حفظ قدرا من دنا DNA الديناصور يكفي العلماء لاستنشاء reconstruct حيوانات كاملة. يعتقد العلماء أن الدنا DNA ربما كانت لديه فرصة حقيقية للبقاء بهذه الطريقة، لكن ذلك أمر بعيد الاحتمال جدا، بصرف النظر عن عدد البعوض الذي غرق في الكهرمان، والذي يمكننا العثور عليه في النهاية، ومن ثم نقوم بفحصه. وعلى أي حال، فقد نعثر في نهاية الأمر على كائنات حية على سطح المريخ، أو على قمر المشتري ـ أوروبا، أو في أي مكان آخر في الكون. ولو كانت هذه الكائنات من الجراثيم ـ كما يبدو محتملا جدا من خلال المثال الذي تقدمه لنا الأرض، وبصرف النظر عن المضامين البالغة الأهمية لوجودها ـ فإن السؤال الأوجه الذي يمكن لهذه الكائنات الحية الإجابة عنه سيكون: ما وجه التشابه والاختلاف بين التفاعلات الكيميائية، التي تعتمدها هذه الأنواع الأخرى من الحياة، وبين مثيلاتها في الحياة الأرضية؟ وعلى سبيل المثال: هل تعتمد جميعها وسائل التناسخ replication نفسها؟ وهل هذا يعني أيضا الاعتماد على جزيء شبيه بالدنا DNA، والذي يحكم تكوين الخلايا الجديدة وعملها؟

ولنفترض، على سبيل المثال، أننا وجدنا حياة خارج الأرض، واكتشفنا أنها تستخدم بالضبط نوع الدنا DNA نفسه الذي تستخدمه الحياة الأرضية. عندئذ، لن يوجد ما يمكن أن يشير، بقوة أكبر من هذا، إلى وجود أصل مشترك لكلا النمطين من الحياة، وبالتالي إلى البَزر الكوني الذي ناقشناه في الفصل السابق. ومن ناحية أخرى (الأمر الذي سيصوت أغلب البيولوجيين لصالحه كاحتمال أقرب)، فإن جميع أشكال الحياة اللا أرضية ـ لو كانت موجودة أصلا! ـ قد تعتمد عمليات كيميائية مختلفة بصورة ملحوظة، بالإضافة إلى أنواع من الجزيئات المختلفة بصورة كبيرة، لتنظيم عمل «خلاياها»، والتنسخ الذي يؤدي إلى خلق كائنات حية جديدة. وقد تؤدي هذه الاختلافات إلى إيجاد علم جديد من البيولوجيا المقارنة comparative biology، ليس بين أنواع مختلفة من الحياة الأرضية، ولكن بين الأنواع المختلفة بالفعل من الحياة. يقول جاك زوستاك Szostak، وهو اختصاصي في

البيولوجيا الجزيئية في مستشفى ماساتشوستس العام، والذي يقوم بدراسة أصل الحياة: «آمل أننا لو عثرنا على حياة، أن تكون هذه الحياة مختلفة ؛ فلو لم تكن مختلفة، فسيكون الأمر مُحبطا بحق».

ويمكننا أن نجد، على سبيل المثال، أن أولى أشكال الحياة اللا أرضية التي يتم اكتشافها تتضاعف replicate باستخدام جزيء مشابه في تركيبه للدنا DNA، لكنها تصنع عمودها الفقري الحلزوني وأزواج القواعد المرتبطة تصالبيا بها cross-linked من جزيئات تختلف عن الدنا DNA الخاص بالحياة الأرضية. ويؤيد ذلك بشدة فكرة أن معظم أشكال الحياة تعتمد مجموعة مشابهة من العمليات وبنية جزيئية مشابهة؛ وستكشف الاختلافات الموجودة في التفاصيل قدرا كبيرا من المعلومات المتعلقة بكيفية استغلال تطور الحياة لما كان متوافرا، من أجل تحقيق غاياته.

وقد يشك القارئ في أنني وقعت في فخ شائع، وهو فخ يجب أن يحاول كل منا تجنبه على الدوام: وهو تخيل أن الأشكال الأخرى من الحياة ستكون شديدة الشبه بحياتنا، وتمتلك دنا DNA مشابها بالفعل! لكن ماذا عن الحياة اللا أرضية التي ليس بها ما يشبه الدنا DNA ولا أي شيء يشبه الخلايا المملوءة بالسوائل، والمميزة للحياة الأرضية؟ إن لهذه الاعتراضات أهمية واضحة؛ ففي حقيقة الأمر، علينا أن نحذر من الافتراض بأن الحياة اللا أرضية يمكن أن تشبه حياتنا، وأنفسنا خاصة. وهذا الافتراض الخاطئ - وهو من نقم ولعنات المتحمسين لنظرية الأطباق الطائرة (١٧)، تجب محاربته بكل السبل. لكن الحياة اللا أرضية قد يثبت أنها تعتمد عمليات كيميائية تشبه مثيلاتها في الحياة الأرضية، وإذا كانت مثل هذه الحياة تتكون من ميكروبات، فمن المرجح أن نتعرف على هذا النوع من الحياة بسهولة أكثر من بقية أشكال الحياة التي تختلف كثيرا عن الحياة الأرضية. ويمكننا تقويض كل هذه الاعتراضات عن طريق الاعتراف بأن أهم خطوة - في الإجابة عن سؤال: كم؟ وبأي طريقة تشبه الحياة اللا أرضية الحياة الموجودة على الأرض؟ - ستأتي عندما نعثر على تلك الأشكال من الحياة، وسيخبرنا أول مثال للحياة اللا أرضية، بقدر هائل من المعلومات عن مصداقية نظرية التبزر الشامل Panspermia، وستحملنا ستة أمثلة منها إلى الطريق الذي يؤدي بنا إلى فهم المفاهيم الأساسية التي تحكم أصل الحياة وتطورها على كوكب بعد الآخر.



١٩٧٦ : البحث عن حياة على سطح كوب المريخ

قمنا في الفقرات السابقة بوصف المجادلة النظرية ضد وجود حياة على سطح المريخ. ولهذه المجادلات الآن أهمية أكبر من تلك التي كانت عليها قبل أن نرسل مركبات فضائية إلى المريخ، وذلك لأن رقة thinness طبقة الغلاف الجوي المريخي المكون من ثاني أكسيد الكربون لم تكن قد عُرفت على وجه الدقة. وبالإضافة إلى ذلك، وكما يعلم جميع العلماء جيدا، فالنظريات تلعب دوراً حيوياً في تطوير المعرفة العلمية، لكنه ليس الدور النهائي، والذي لا تثبت صلاحيته بدون التجربة. لذلك قام رواد الفضاء والبيولوجيون بتصميم سفينتي فضاء رائعتين للقيام برحلة إلى المريخ، والدوران حول الكوكب، ووضع محطات أرضية landers على سطحه، والبحث في تربة كوكب المريخ عن إشارات على وجود الحياة.

وعند تصميم هذه التجارب، نظر العلماء إلى أكثر البيئات شبها ببيئة المريخ على كوكبنا، أي أبرد المناطق وأكثرها جفافا على سطح الأرض: وهي الوديان الجافة في قارة أنتاركتيكا المتجمدة Antarctica. وهناك، على بعد بضع عشرات الأميال من قاعدة الأبحاث الرئيسية التابعة للولايات المتحدة، تؤدي أنماط الجبال واتجاهات الرياح السائدة إلى جعل مستوى سقوط الجليد أقل من نصف بوصة سنوياً، كما أن الغالبية العظمى منها عبارة عن ثلج خفيف. وعلى عكس بقية قارة أنتاركتيكا، التي تقع تحت طبقة سمكها ميلان من الجليد الكثيف، فإن الوديان الجافة Dry Valleys، والتي تسمى أيضا بصحراء روس Ross Desert، خالية تقريبا من الجليد. وهناك، على المنحدرات القاحلة فوق سطوح الوديان، اكتشف البيولوجي إمري فريدمان Friedmann كائنات دقيقة تسمى الحصيات المختبئة داخل الصخور Cryptoendoliths.

وهذه الكائنات هي في الواقع مستعمرات معقدة من الأشنات المتعايشة symbiotic lichens التي تتخذ لها ملجأ تحت الأسطح الصخرية هربا من البرودة القاسية، والتغيرات المفاجئة في درجات الحرارة، والتي تسود العالم الخارجي. وتتلقى هذه الكائنات قدرا يكفيها بالكاد للبقاء من ضوء الشمس المرتشح بين الصخور المُنفذة porous، لكنه لا يكفيها للازدهار. وبذلك فهي تمثل كائنات «الحياة الحدية» life at the edge، والتي تبقى على قيد الحياة

فقط بوساطة إبطاء عملياتها الاستقلابية بدرجة هائلة، فقد تحتوي صخرة يبدو مظهرها عاديا على مستعمرة للحصيات المختبئة داخل الصخور، يبلغ عمرها آلاف السنين. ولوصف (ناهيك عن استقصاء) الحياة تحت مثل هذه الظروف القاسية، فقد اقتبس إمري فريدمان مقطعا من قصيدة دانتي [١٨]، الجحيم inferno : «الأمر بالغ المرارة، لدرجة أن مرارة الموت تزيد بالكاد عنه؛ ولكن لأتكلم عن الخير الذي وجدته فيه، سأخبركم عن الأشياء الأخرى التي رأيتها». فعلى رغم أن الوديان الجافة تزودنا بأقرب المواقع الأرضية شبها بالمريخ، فمن المؤكد أن المريخ الحقيقي سيكون ذا طبيعة أشد قسوة، بسبب رقة غلافه الجوي المكون من ثاني أكسيد الكربون ومعدلاته السنوية من المطر أو الجليد التي تقدر بصفر ـ ليس مجرد كونها بالغة الضآلة.

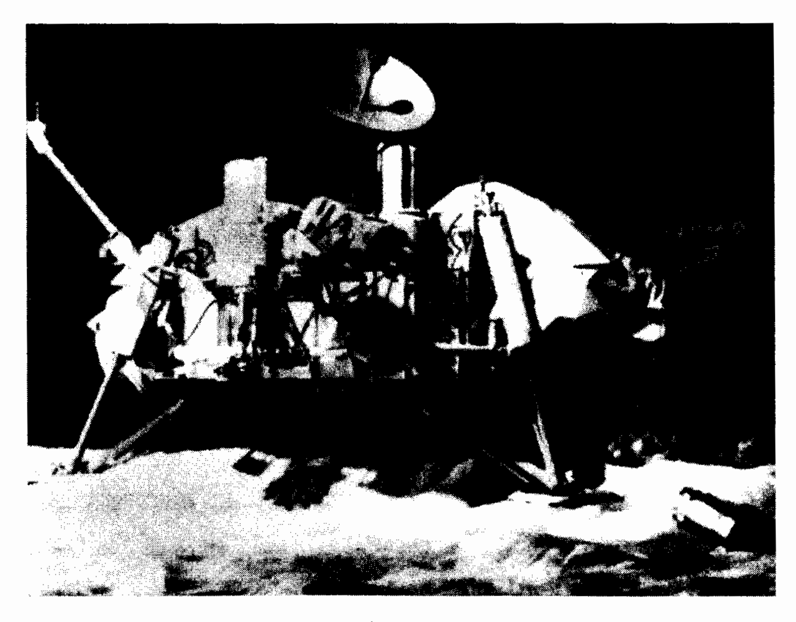
تجارب «الفايكنغ» لاستكشاف الحياة على كوكب المريخ

عندما بدأ علماء الفلك والبيولوجيون في التخطيط لتجارب سفينة الفضاء «فايكنج» Viking للبحث عن الحياة على المريخ، علموا أنهم يواجهون مهمة بالغة الصعوبة تتمثل في تصميم مختبر روبوتي [١٩] مصغر يستطيع تَحَمُّل رحلة طولها مائة مليون ميل، وأن يهبط وينشر نفسه على سطح كوكب غريب، ومن ثم إرسال نتائج تجاربه إلى الأرض. أدت المناقشات المستفيضة إلى تصميم وإنشاء أفضل اثنين من المختبرات المصغرة miniature laboratories التي تم بناؤها على الإطلاق، واللذان وصلا إلى المريخ في صيف عام ١٩٧٦، وانفصلا عن المركبتين المداريتين orbiters «فايكنج»، وهبطا بسلام على سطح الكوكب، متجنبين الاصطدام بأي من الصخور الكثيرة التي كان من الممكن أن تؤدي إلى تحطمهما. ولمدة سنتين، أرسلت المحطتان الأرضيتان للفايكنج آلاف الصور لاسلكيا من سطح المريخ، مسجلتين دورة الأيام والليالي، وفصول الصيف والشتاء، والتي تركت صقيع ثاني أكسيد الكربون في خلفية المنظر، مع هبوط درجة الحرارة إلى ١٠٠ درجة تحت الصفر.

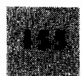
ولم تُظهِر أي من هذه الصور حتى أثرا وحيدا للحياة على سطح المريخ. لم يكن في هذه الصور أي شي يشبه كائنا حيا أو ما يشبه الأثر الذي يخلفه مرور حيوان، أو جحر burrow، أو جثة، أو ما يشبه فضلات أي من الكائنات

الأرضية. وبحد ذاته، فإن ذلك لا يعني إلا القليل نسبيا، وذلك ـ كما رأينا ـ لأن معظم الحياة على الأرض ذات أحجام مجهرية، غير مرئية تماما بالعين المجردة ما لم توجد في أعداد هائلة من الأفراد. وكان هذا هو سبب إنفاق مئات الملايين من الدولارات على تصميم المختبرات الروبوتية، والتي يمكنها اختبار وجود الحياة التي تبلغ من الصغر حيث لا تظهر فيه أمام آلات تصوير السفينة الفضائية فايكنج.

لم تضم المختبرات المصغرة أي مجاهر microscopes، لأن العلماء قدروا أن تكلفتها ستكون مرتفعة جدا بالنسبة إلى فائدتها المحتملة القليلة نسبيا، مقارنة بالتجارب الثلاث التي نفذت المهمة المطلوبة منها بالفعل. وبمعنى آخر، فإن علماء الفايكنج قد وظفوا أموالهم ليس في الفحص المرئي لتربة المريخ، بل في البحث عن دليل كيميائي على وجود الحياة في هذه التربة. لكن ما نوع الدليل الكيميائي الذي سيكون أكثر إقناعا من غيره ؟ وقد أزعج هذا السؤال الباحثين، كما خيم على المناقشات المتعلقة بنتائج الفايكنج لمدة عقدين من الزمن.



تظهر الصورة نموذجا هندسيا لواحدة من المحطات الأرضية landers لسفينة الفضاء «فايكنج» أمام ستارة خلفية مرسومة. ولمدة سنتين، أرسلت المحطتان الأرضيتان للفايكنج آلافا من الصور من سطح المريخ، مما زودنا برؤية قريبة بصورة مدهشة لهذا الكوكب (صورة وكالة «ناسا»).

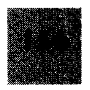




هذا المنظر لسطح المريخ التقطته المحطة الأرضية رقم ١ للفايكنج في عام ١٩٧٦ ويوضح منظرا جافا مؤلفا من الصخور والغبار، ولكن من دون وجود أي إشارة إلى الحياة (صورة وكالة «ناسا»).

وهذا الجدل يبرز حقيقة أن تحديد ما يمكن أن يمثل دليلا على وجود الحياة ـ في الواقع، ما يمثل الحياة ذاتها ـ لا يمكن أن يكون حلا يرضي جميع الأطراف. فكلما بعدنا عن الأشكال المألوفة للحياة، زادت صعوبة تعريفها. وأدت السنوات الطويلة من الجدال، إلى جعل علماء الفايكنج ملمين تماما بأبعاد هذه المشكلة، لذلك فإن قراراتهم الأخيرة عند تصميم المختبرات، ومجادلاتهم الطويلة عن كيفية تفسير نتائج تجاربهم، دون التصديق على أي نقص في الإدراك، بل على الطبيعة الباقية للسؤال الأساسي: ما هي الحياة؟

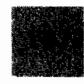
ما هي التجارب الكيميائية الثلاث للفايكنج ؟ بصورة عامة، نقول إن واحدة من هذه التجارب كانت تبحث عن نتائج أي تنفس breathing على المريخ، وتمثل هدف الثانية في العثور على ميكروبات في عملية الأكل eating، بينما سعت الثالثة لتحميص جثث corpses أي ميكروبات مريخية واكتشاف وجودها عن طريق الغازات المنبعثة عنها. كانت الأسماء العلمية التي أطلقت على الأبحاث الثلاثة هي تجارب: الإطلاق الموسوم labeled-release (التنفس)؛ وتبادل الغازات gas-exchange (الأكل)؛ والإطلاق الحراري pyrolitic-release (تحميص الجثث). وأثناء تجربة التنفس، جرى تقطير بعض السوائل في عينة





من تربة المريخ، حاملة معها مجموعة من المركبات الكيميائية تم «وَسْمَها» labeled بذرات الكربون المشع، التي يمكن التعرف عليها بسهولة بوساطة كاشف خاص في المختبر المصغر؛ فلو أن غازات تحتوي على كربون مشع، مثل ثاني أكسيد الكربون، ظهرت فوق سطح التربة، فسيكون ذلك علامة على أن هناك جراثيم بالتربة قد «زفرت» exhaled بعض المركبات الموسومة. وبطريقة مشابهة، فقد انطوت تجربة الأكل على إسقاط بعضا من التربة المريخية في مرق broth بضع عشرات من «المواد المغذية المحتملة»، ثم البحث عن التغيرات الحادثة في الغازات التي تعلو سطح المرق مباشرة. كانت أي تغيرات ستبين أن الميكروبات قد التهمت على الأقل بعضا من المواد المغذية السائلة، وصنّعت أنواعا جديدة من الغازات نتيجة لذلك.

لكن ماذا لو أن الميكروبات المريخية، التي لم تتعرض للماء منذ بلايين السنين، ليست بحاجة للسائل الذي تم تقطيره في التربة خلال التجربة، وبالتالي لم «تزفر» أي غازات؟ وماذا لو كان مرق المغذيات السائلة ـ والذي يطلق عليه العلماء اسم «حساء الدجاج» chicken soup ـ لم يرق للكائنات الحية المريخية؟ لقد واجهت تجربة «تحميص الجثث»، هذه الصعوبات عن طريق وضع عينة من التربة المريخية في حجرة يبلغ فيها الضغط الجوي



ضعف مثيله في المريخ، باستثناء كون ذرات الكربون الموجودة في جزيئات أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون «معَلَّمة» tagged بنظائر مشعة. وبعد عدة ساعات من التعرض لهذا الجو، تم تسخين التربة لأكثر من ١,٠٠٠ درجة فهرنهايت (أعلى بكثير من ٥٠٠ درجة مئوية)، مما دفع الغلاف الجوي المريخي الزائف، مع الغازات المنبعثة من أي من الجثث المحمصة للميكروبات، إلى «مصيدة للبخار» vapor trap تقوم بحبس هذه الغازات (ماعدا الجزئيات «المعَلَّمة» لأول وثاني أكسيد الكربون، والتي مرت عبر تلك المصيدة بصورة كاملة). وبعد ذلك، جرى قياس الغازات التي احتُجزت في مصيدة البخار بحثا عن أي قدر من النشاط الإشعاعي بها، والذي لابد من أن يأتي من المركبات الكربونية المشعة التي تم دمجها بوساطة الميكروبات قبل موتها.

وبفعل هذه التجارب الثلاث، كانت لدى الفايكنج فرصة جيدة للعثور على أي كائنات حية تنفست، أو أكلت، أو تركت بقايا محتوية على مواد عضوية عند موتها.

هل وجدت سفينتا الفايكنج حياة على المريخ؟

في عام ١٩٧٦، بعد عدة أسابيع من هبوط السفينة الفضائية فايكنج على المريخ في منطقتين يفصل بينهما بضعة آلاف من الأميال، ووصول النتائج إلى الأرض: في كلا الموقعين، أظهرت تجارب اكتشاف الحياة نتائج إيجابية ! ومع ذلك فقد استنتج عدد قليل من العلماء وجود ميكروبات على سطح المريخ. وبدلا من ذلك، فقد أدركوا - بصورة فجائية أكثر مما قد تسمح به البصيرة بسهولة - حجم الصعوبات الهائلة المكتنفة في تفريق التغيرات الكيميائية التي تحدث بسبب الحياة، من تلك الناتجة عن عمليات غير حية، خاصة عندما يهدف هذا التفريق إلى البحث عن شكل غير معروف للحياة.

أظهرت تجربة التغذي (الأكل)، وهي أولى التجارب التي ظهرت نتائجها، أن كميات معتبرة من الأكسجين قد ظهرت فوق سطح تربة المريخ مباشرة بعد تقطير كمية من حساء الدجاج الغني بالمغذيات عليها. لكن إجماعا ظهر بعد ذلك على أنه بدلا من كون هذا الأكسجين ناتجا عن عمليات بيولوجية، فقد استجابت التربة المريخية لوجود سائل، بحدوث تفاعلات كيميائية أدت إلى انطلاق بعض كميات الأكسجين المحتبسة في التربة. وبكلمات أخرى، فإن زيادة الرطوبة الناجمة عن تقطير السائل المغذي أدت، بحد ذاتها، إلى حدوث

التفاعلات الكيميائية التي انطلق عنها الأكسجين. وقد أمر العلماء المختبر الروبوتي (الآلي) بتكرار تجربة التغذي، ولكن هذه المرة باستخدام تربة مريخية سُخِنت مسبقا لأعلى من درجة غليان الماء، والتي تعد كافية لتدمير أي شكل مريخي للحياة. وعندما ظهر الأكسجين مرة أخرى، بدت النتيجة واضحة: وهي أن تقطير سوائل على التربة المريخية يمكن أن يؤدي إلى انطلاق الأكسجين دون وجود أي عملية بيولوجية.

وبالنسبة إلى تجربة التنفس، التي ظهرت نتائجها بعد يوم أو نحوه، كانت النتائج إيجابية أيضا. فبعد تقطير بضع قطرات من المركبات الموسومة على التربة المريخية، أظهر العداد زيادة فورية في عدد ذرات الكربون المشعة في الغاز الموجود فوق التربة، وهي زيادة أكبر بكثير من الزيادة التي أمكن ملاحظتها أثناء القيام بتجارب اختبارية على العديد من أنواع التربة الحاملة للحياة على سطح الأرض! لكن العلماء أدركوا أن كثيرا من المركبات، التي يحتمل تماما وجودها على المريخ مثل فوق أكسيد الهيدروجين hydrogen peroxide، يمكنها إطلاق ثاني أكسيد الكربون بمجرد تقطير المادة الغذائية عليها. أمر العلماء المختبر بمحاولة التقطير للمرة الثانية، لكن المختبر لم يقرر حدوث زيادة في النشاط الإشعاعي هذه المرة. فلو كانت هناك ميكروبات، فلابد من أنها كانت «ستتنفس» في التجربة الثانية بالعمق نفسه الذي حدث في المرة الأولى. ولذلك، فقد استنتج العلماء أن التفاعلات الكيميائية من دون عمليات بيولوجية، يمكنها أن تنتج - ومن شبه المؤكد أنها أنتجت - تلك الإشارة الإيجابية للتجربة.

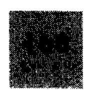
لكن ماذا عن تجربة تحميص الجثث، وهي التي لا يمكن الالتباس بنتائجها نسبيا؟ فلم تشتمل هذه التجربة على أي سوائل، لكن صُمِمت ببساطة لمعرفة ما إن كانت ذرات الكربون المشعة في الغلاف الجوي المريخي المحفّز، قد أصبحت جزءا من تربة المريخ التي وضعت في الحجرة. وقد فعل بعضها ذلك بالفعل: فهناك إشارة لكنها ضعيفة إلى أن تجربة تحميص الجثث أظهرت أن بعض ذرات الكربون قد دلفت إلى التربة. مرة أخرى نجد أن علماء الفايكنج طلبوا من مختبرهم البعيد تكرار التجربة، هذه المرة مع تربة مريخية جرى تسخينها مسبقا لمدة ثلاث ساعات، لتصل درجة حرارتها في إحدى المرات إلى ٢٠٠ درجة فهرنهايت (٩٣ درجة مئوية)، وفي المرة الثانية إلى ٣٥٠ درجة

فهرنهايت (١٨٠ درجة مئوية). ولم يكن لانخفاض مقدار التسخين المسبق أي تأثير، فالتجربة الثانية أدت إلى تقليل عدد ذرات الكربون التي دخلت إلى التربة بنسبة ٩٠٪. لم يتخيل أحد وجود كائنات حية على المريخ يمكنها أن تتحمل درجة الحرارة التي تصل إلى ٢٠٠ درجة، ناهيك عن٣٥٠ درجة فهرنهايت. لذلك فقد أجمع البيولوجيون على أن اندماج بعض ذرات الكربون في التربة المريخية قد حدث بفعل عمليات كيميائية غير بيولوجية.

صُممت التجارب الثلاث للفايكنج لتسجيل وجود إشارات عن وجود حياة لذلك، ولذلك فقد ثبت أن كلها تجارب كيميائية. ولو كان بوسع التفاعلات الكيميائية أن تقوم بكل ذلك على سطح المريخ في غياب الحياة، كيف إذن يمكننا اختبار كوكب آخر بحثا عن وجود حياة ميكروبية بصورة مؤكدة ؟ وقد أظهرت تجارب الفايكنج صعوبة هذا المجهود، كما أن اكتشافات ١٩٩٦ قد أكدت ذلك، إذ إنه حتى أفضل المختبرات على الأرض لا يمكنها الإجابة حتى الآن عن سؤال: هل كانت هناك حياة قديمة في الحجر النيزكي ALH 84001 أم لا؟

هل يمكن لأي دليل كيميائي محض أن يثبت وجود الحياة ؟ يجيب بيل شوف Schopf بالنفي؛ ففي المؤتمر الصحافي المنعقد في السابع من أغسطس ١٩٩٦، شرح شوف «مدفع التدخين» smoking gun الذي يريد أن يراه قبل الإعلان عن وجود الحياة. كان يريد أن يرى جدران الخلايا؛ كان يريد أن يرى بيانات تظهر جمهرة كاملة من الكائنات الحية، مع تباين في أحجامها وأشكالها؛ كما يريد دليلا على انقسام هذه الخلايا. لكن ما هو الكم الذي يريده من هذا الدليل؟... «أعطني خمسمائة [من الخلايا التي تظهر فيها جدران الخلايا]، هذا يكفي»، هذا ما قاله في أغسطس ١٩٩٦. وفي النهاية يمكن أن تقدم لنا هذا الدليل حواف edges كريات الكربونات الموجودة في الحجر النيزكي ALH 84001، لكن من الواضح أن المحطات الأرضية للفايكنج - والتي لم تكن تحتوي على أي نوع من المجاهر - لم تستطع تقديم هذا الدليل، سواء كان هذا الدليل موجودا على المريخ بالفعل أم لا.

ويحتاج كل من البحث عن حياة على سطح المريخ وتحليل الحجر النيزكي ALH 84001 إلى دليل إضافي، إما لدعم وإما لدحض النظرية القائلة بوجود كائنات حية. وقد تضمنت تجارب الفايكنج أداة أخرى، ربما كانت ذات أهمية حيوية، قامت بقياس الكميات الموجودة من الأنواع المختلفة من الجزيئات في



تربة المريخ وغلافه الجوي. تسمى هذه الآلة المقياس الطيفي الكتلي لاستشراب الغازات (٢٠)، وقد أظهرت أن تربة المريخ تحتوي على أقل من جزء واحد لكل بليون من أي من المركبات التي يمكن أن تسمى «عضوية» ـ وهي الجزيئات المبنية على الكربون، مثل الجزيئات التي توجد في الكائنات الحية على الأرض. وحتى تربة قارة أنتاركتيكا المتجمدة، والبعيدة عن أي كائنات حية، تحتوي على كميات ضئيلة - لكن من السهل اكتشافها ـ من المواد العضوية التي تظهر إما نتيجة لتحلل الكائنات التي اختفت منذ فترة طويلة، أو تلك التي سقطت من الغلاف الجوي. كان الفشل في العثور على أي مركبات عضوية في التربة المريخية محسوبا في كفة الميزان المضادة لوجود حياة على سطح المريخ، على رغم أنها ـ بحد ذاتها ـ لا تنفي وجود تلك الحياة.

لكن ما الذي تخبرنا به النتائج المترتبة على هبوط الفايكنج على سطح المريخ ؟ أجمعت الغالبية العظمى من البيولوجيين الذين تفحصوا نتائج الفايكنج، على أن النشاط الكيميائي على سطح المريخ قد حاكى النشاط البيولوجي، الذي جرى تصميم المختبرات المصغرة لاكتشافه، وأن تربة المريخ التي حُصِل على عينات منها بوساطة المحطات الأرضية للفايكنج، لا تحتوي على أي أثر للحياة مطلقا. وبطبيعة الحال، فمن الممكن أن يكون هؤلاء الخبراء مخطئين. وقد استنتج واحد من الأعضاء المعروفين في فريق الفايكنج ـ وهو البيولوجي جلبرت ليفن Levin أن فكرة وجود ميكروبات مريخية تقدم لنا أقرب التفسيرات احتمالا لنتائج تجارب اكتشاف الحياة التي أجرتها الفايكنج ؛ فهذه، على رغم كل شيء، قد أشارت إلى وجود نتائج إيجابية، لكن جميع أعضاء جماعة ليفن يرون أن عكس ذلك هو الصحيح: أي أن النتائج الإيجابية لكل تجربة من التجارب الثلاث تجد أفضل تفسير لها في التفاعلات الكيميائية التي تحاكي نشاط الميكروبات على الأرض.

لكن حقيقة أن تجارب الفايكنج قد أعطت نتائج إيجابية، وعلى رغم ذلك فقد فُسِّرت لتنفي وجود الحياة، ظلت تزعج وكالة «ناسا» لمدة عقدين كاملين، وأثارت تأكيدات شعبية متزايدة، لا تزال مادة خصبة للصحافة الشعبية، بأن العلماء اكتشفوا بالفعل وجود حياة على المريخ عام ١٩٧٦ إلا أن وكالة «ناسا» تحاول منذ ذلك الحين إخفاء نتائج اكتشافاتهم. لكن سؤال: لماذا يتعين على «ناسا» أن تفعل ذلك؟ لم يلق مثل هذا الاهتمام إلا نادرا. وعلى أي حال، فإن أولئك الذين يرون

استنتاجا معقولا في أن حكومة الولايات المتحدة تحتفظ بجثث المخلوقات الغريبة alien corpses مجمدة في ولاية أوهايو، قد لا يستغربون فكرة أن تقوم وكالة «ناسا» بمحاولة طمس النتائج الإيجابية لأكثر الجهود طموحا في عملية البحث عن وجود حياة خارج الأرض، وكانت هذه النتائج ستضمن زيادة حجم التمويل في الألفية الجديدة.

التطلع إلى المستقبل وفي الماضي

بعد عام ١٩٧٦، وبعد دخول السفينتين الفضائيتين فايكنج ١ و ٢ في رحلات مثيرة، لكن ثبت في النهاية عدم جدواها، للبحث عن حياة على سطح المريخ. سقط غطاء كثيف فوق عملية البحث عن الحياة اللا أرضية. فعلى رغم أن العلماء كانوا يعلمون أن مركبتي الفايكنج لم تجلبا سوى عينات صغيرة من الطبقة السطحية لتربة المريخ، من المناطق القريبة من موقعي الهبوط، وأن عدم وجود المياه السائلة على المريخ قد استبعد وجود الحياة هناك، وأن عليهم وضع خطط للوصول إلى القمم القطبية أو الحفر تحت الأرض، بقيت حقيقة لا يمكن تجنبها، وهي أن المريخ ـ وهو أقرب كواكب النظام الشمسي احتمالا لوجود حياة عليه ـ قد اتضح أنه خاو. وطوال السنوات العشرين الماضية، كان المريخ يُرى على أنه كوكب ميت.

لكن كل ذلك تغير مع الإعلان الصادر عام ١٩٩٦، فليرقد المريخ الميت في سلام [٢١]، وليحيَ المريخ المفعم بالحياة، حتى لو كانت هذه الحياة قد وجدت منذ بلايين السنين. وعلى رغم أن الحجر النيزكي ALH 84001 لم يمدنا بدليل واضح على وجود الحياة، وربما لن يكون بوسعه أن يفعل ذلك مطلقا، إلا أن هذا الحجر النيزكي القديم أثبت صحة الدليل الذي يدعم فكرة وجود قيعان لأنهار قديمة، وذلك بإظهار أن المريخ ـ ظاهريا ـ كان يضم بالفعل مياها جارية في الماضي البعيد؛ وأنه، وللمرة الأولى، أصبح لدينا بعض من المادة ـ كريات الكربونات ـ التي تكونت في وجود تلك المياه. قام العلماء الذين يحلمون بالرجوع إلى المريخ مزودين بمعلومات أفضل وتقنيات محسنة، بمراجعة مشروعاتهم مع استيعابهم للمعلومات الجديدة. ويمكننا الآن أن نخرج معهم في رحلة ذهنية قصيرة إلى السهول الباردة والجافة للمريخ.

7 الرحلات المستقبلية إلى المريخ

هبطت الأخبار المتعلقة بالحجر النيزكي ALH 84001 كما يسقط الماء على التربة الجافة بالنسبة إلى أولئك الذين حلموا بالعودة إلى المريخ للبحث عن الحياة على سطح الكوكب الأحمر. ولحسن الحظ، فعند ورود هذه الأنباء، كانت وكالة «ناسا» تمتلك سفينتين فضائيتين آليتين شبه مستعدتين للإقلاع إلى المريخ ،كما كان لدى روسيا سفينة ثالثة. وعلى رغم أن هذه المركبات الفضائية لن تستطيع الإجابة عن جميع الأسئلة الأساسية المتعلقة باحتمال وجود حياة قديمة على سطح المريخ ، فبوسعها أن تزيد معلوماتنا بهذا الخصوص، وأن تنهي الفجوة الطويلة التي توقف فيها استكشافنا للمريخ.

«هل يمكننا؟ هل يجب علينا؟ هل سنفعل ذلك؟».
كريس مكاي

بانتظار الموقع المناسب

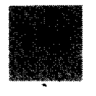
كان يجب أن تطلَق المركبات الفضائية الثلاث السابق ذكرها خلال آخر شهرين من عام ١٩٩٦، وذلك للاستفادة من ميزة الاصطفاف line up المواتي بين المريخ والأرض خلال هذين الشهرين، وهو اصطفاف يوفر

أرخص المسارات (فيما يتعلق باستهلاك الطاقة، وبالتالي بالدولارات الحقيقية التي يتم إنفاقها) من كوكبنا. ويتكرر هذا الاصطفاف كل ٧٨٠ يوما، عند رجوع كلا الكوكبين إلى وضعهما نفسه بالنسبة إلى الشمس. ويحدث ذلك لأنه في كل ٧٨٠ يوما، تدور الأرض حول المريخ «لفة» واحدة لتقوم بـ ٢,١٤ رحلة كاملة حول الشمس، في الوقت نفسه الذي يغطي فيه المريخ ـ الذي يتحرك في مدار أكبر بكثير وبسرعة لا تتجاوز ٨١٪ من سرعة الأرض ـ ١,١٤ فقط من مداره. وهذا يعني أنه لو كان التراصف alignment جيدا اليوم لإطلاق هذه المركبات الفضائية، فلن تسنح فرصة مشابهة قبل مرور سنتين وسبعة أسابيع. وبذلك فإن «نافذة الانطلاق» التالية لإطلاق رحلة للمريخ ستكون عند انقضاء عام ١٩٩٨ وبداية العام ١٩٩٩، وتضاعف وكالة «ناسا» الآن جهودها لتصميم وبناء سفينة فضائية تستغل هذه الفرصة بأفضل صورة.

لقد صممت جميع السفن الفضائية الثلاث التي انطلقت عام ١٩٩٦، وفي الأذهان النتيجة التي توصلت إليها من العربات الأرضية للفايكنج، وهي أنه ليست هناك حياة ظاهرة على سطح المريخ في الوقت الحاضر. ونتيجة لذلك، لم تتوافر لجميع الرحلات الثلاث سوى إمكانات محدودة للبحث عن الحياة، لكنها صممت جيدا لتزويدنا بالمزيد من المعلومات عن المريخ وتاريخه التطوري. كما ستزودنا هذه الرحلات أيضاً بدلائل مهمة لتقييم الصعوبة التي تكتنف إرسال سفينة فضائية إلى المريخ، والتي تمتلك فرصة جيدة للبحث عن الحياة هناك، إن وجدت حياة أصلا. والآن، دعونا ننظر إلى ما يمكن أن تحققه هذه الرحلات قبل نهاية عام ١٩٩٧، إضافة إلى المهام الأكثر أهمية التي ستترك مهمة تنفيذها للمستكشفين التالين.

رحلتا وكالة «ناسا» جلوبال سرفيور ومارس باثفايندر[١]

تكتنف رحلتي وكالة «ناسا» إلى المريخ مهام صعبة تهدف إلى تحقيق أهداف منفصلة. انطلق جلوبال سرفيور المريخي[٢] في نهاية عام ١٩٩٦، على أن يصل إلى المريخ في سبتمبر ١٩٩٧. وباستخدام الغلاف الجوى الرقيق للمريخ لإبطاء سرعته، وإطلاق صواريخ لضبط مساره عندما يصل إلى الكوكب، سيدخل جلوبال سرفيور إلى مدار حول المريخ على بعد بضع مئات



الأميال فوق سطح المريخ. وهناك، ستكون السفينة الفضائية في موقع جيد يمكنها من رسم خريطة لسطح الكوكب، وقياس درجة حرارة وتركيب الغلاف الجوي، ثم إرسال هذه البيانات باللاسلكي إلى الأرض.

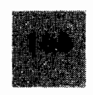
تأمل وكالة «ناسا» أن يقوم جلوبال سرفيور المريخي بتعويض جزء كبير من واحدة من أكبر المآسي التي حدثت في تاريخ استكشاف الكواكب، وهي فَقدُ «مارس أوبزرفر(٣) التابعة لوكالة «ناسا»، وهي سفينة فضائية صممت بعناية، والتي وصلت إلى المريخ في حالة ممتازة في أغسطس ١٩٩٣، قبل أن تفقد اتصالها اللاسلكي بالأرض. وعلى رغم جميع المحاولات لاستعادة الاتصال اللاسلكي بها، فلم يُسمع شيء عن هذه السفينة مطلقا. وقد وقعت حادثة فقد السفينة الفضائية مارس أوبزرفر بعد أربع سنوات من فقدان الاتحاد السوفييتي لسفينتين فضائيتين كان يطلق عليهما اسم فوبوس ١، وفوبوس ٢ (٤)، على اسم واحد من القمرين الصغيرين التابعين للمريخ، وكان هدفهما استكشاف المريخ باستخدام أشعة الليزر وإنزال محطات أرضية landers على سطحه. فقد مسؤولو التحكم الأرضي ground controllers في الاتحاد السوفييتي الاتصال بالسفينة فوبوس ١، وهي بعد في طريقها إلى المريخ، على ما يبدو بسبب خطأ في برمجة الكمبيوتر الخاص بها، بينما توقفت فوبوس ٢ عن إرسال إشارات إلى الأرض مباشرة بعد استقرارها في مدار ثابت حول المريخ .

«بالنسبة إلى الأفراد غير المكتنفين بصورة مباشرة في الرحلات الفضائية، يكون من الصعب عليهم تقدير شعور الكرب anguish [عند فشل رحلة فضائية] الذي يشعر به الرجال والنساء الذين كرسوا أجزاء مهمة من حياتهم المهنية لمثل هذه المشاريع». على حد قول توبياس أوين Owen، من جامعة هاواي، الذي قضى معظم حياته مساهماً في مثل هذه المهمات، ويضيف قائلا: «إن كل ما يقوم به هؤلاء مفعم بالتوقع والانتظار: سنوات من التصميم والتطوير، اختراعات جديدة، برامج حاذقة، تجارب يتم اختبارها بعناية . تلك هي أكثر الأجهزة التي يمكن لحضارتنا إنتاجها تطورا، والتي لم تصمم لقتل شخص ما. إن غرضها هو كشف أسرار العوالم الأخرى. لذلك فعندما يصاب أحد هذه الرسل الأرضية الرائعة بالصمت فجأة، من الممكن أن تكون خيبة الأمل ساحقة. لكن بعد فترة من

البكاء والإحباط، بدأ يظهر شكل من الفكاهة المشوبة بالسخرية، وبدأ الكلام عن «غول مَجَرِّي هائل» galactic ghoul يعيش بالقرب من المريخ ، ويحب التهام السفن الفضائية، أو أنه أصيب بالانزعاج من المركبتين المداريتين الفايكنج ومحطاتهما الأرضية في عام ١٩٧٦». ومن السهل الاعتقاد بأنه عندما ينخرط العلماء والمهندسون في مثل هذا الحديث، فإن الصحافة الشعبية لا تتوانى في تأكيد حقيقة شياطين المهنيين(٥)، والتي هي في الحقيقة أوجه للفشل الهندسي والتقني ضمن آلات بالغة التعقيد. ويتذكر أوين الأمر قائلاً : «بعد أن فقدنا الاتصال بمارس أوبزرفر، أنتجت البارانويا(٦) الشعبية حدوث مظاهرة غريبة أمام JPL(٧) [مختبر الدفع النفثي (النافوري) في مدينة باسادينا بولاية كاليفورنيا، الذي يدير السفن الفضائية التي ترسلها وكالة «ناسا» للكواكب الأخرى]. فقد اقتنعت مجموعة من الناس بأن الرحلة قد نجحت بالفعل، وأنها عثرت في الحقيقة على أدلة تثبت وجود حضارات متقدمة في المريخ، والتي تحاول وكالة «ناسا» إخفاءها عن الجمهور».

ومنذ أن لاحظ أوين ملامح تشبه وجه إنسان في إحدى الصور التي التقطتها المركبة المدارية فايكنج، ترسخ الاعتقاد بوجود جنس قديم من سكان المريخ المتقدمين للغاية، ترك وراءه أثرا هائلا في أذهان بعض قطاعات الجمهور. وحقيقة الأمر أن «الوجه المريخي» Face on Mars، مثل «رجل القمر» Man in the Moon، أو ذلك الوجه الحجري الضخم بولاية نيو هامبشاير، تشهد على قدرة الدماغ البشري على «التعرف» على الأشكال المألوفة، وخصوصا الوجوه، داخل تشكيلات عشوائية من الضوء والظلال. وفي وجود أي قدر من الحظ، سيمكن لمارس سيرفيور التقاط صور عالية الوضوح لذلك «الوجه المريخيّ»، والتي تظهر بوضوح أن طوبوغرافية(٨) المريخ خدعت من لديه الرغبة في الانخداع. ومن الممكن أن يغير هذا الدليل عقول من يعتقدون بأن وكالة «ناسا» متورطة في عملية تعتيم هائلة، على رغم أنهم سيطالبون غالبا بمزيد من الأدلة.

وعلى أي الأحوال، فقد تسببت السفن الثلاث التي فُقِدَت في طريقها إلى المريخ أو في أثناء دورانها، في نكسة لمحاولتنا زيادة معرفتنا بالكوكب استمرت لسنوات عديدة. يتذكر أوين الأمر قائلا: «من المؤكد أن المحصلة النهائية





تظهر واحدة من الصور الملتقَطة لسطح المريخ بوساطة المركبة المدارية فايكنج ١ في العام ١٩٧٦، تكوينا صخريا يبلغ قطره ميلا تقريبا، والذي يذكّر بعض المراقبين بوجه إنسان (صور وكالة «ناسا»).

لفشل السفن الفضائية الثلاث كانت محبطة. وبحلول الوقت الذي حُلل فيه الحجر النيزكي ALH 84001، كان قد انقضى عشرون عاما منذ رحلة الفايكنج التي كانت نتيجتها مجدية للغاية، لكن خلال كل هذا الوقت لم تنجح أي سفينة فضائية في الوصول إلى المريخ. وللمقارنة، فلو رجعنا بالزمن عشرين عاما قبل هبوط الفايكنج على المريخ، فإننا نصل إلى عام ١٩٥٦، أي قبل سنة واحدة من إطلاق الاتحاد السوفييتي لأول قمر صناعي من الأرض.وقد أبطأت وتيرة استكشاف النظام الشمسي بصورة مفاجئة خلال الثمانينيات وبداية التسعينيات من القرن العشرين، برغم إطلاق رحلة جاليليو إلى كوكب المشتري في العام ١٩٨٩، ولحسن حظ المهتمين بالمريخ منا، فقد أوشكت هذه الفترة الجدباء على الانتهاء».

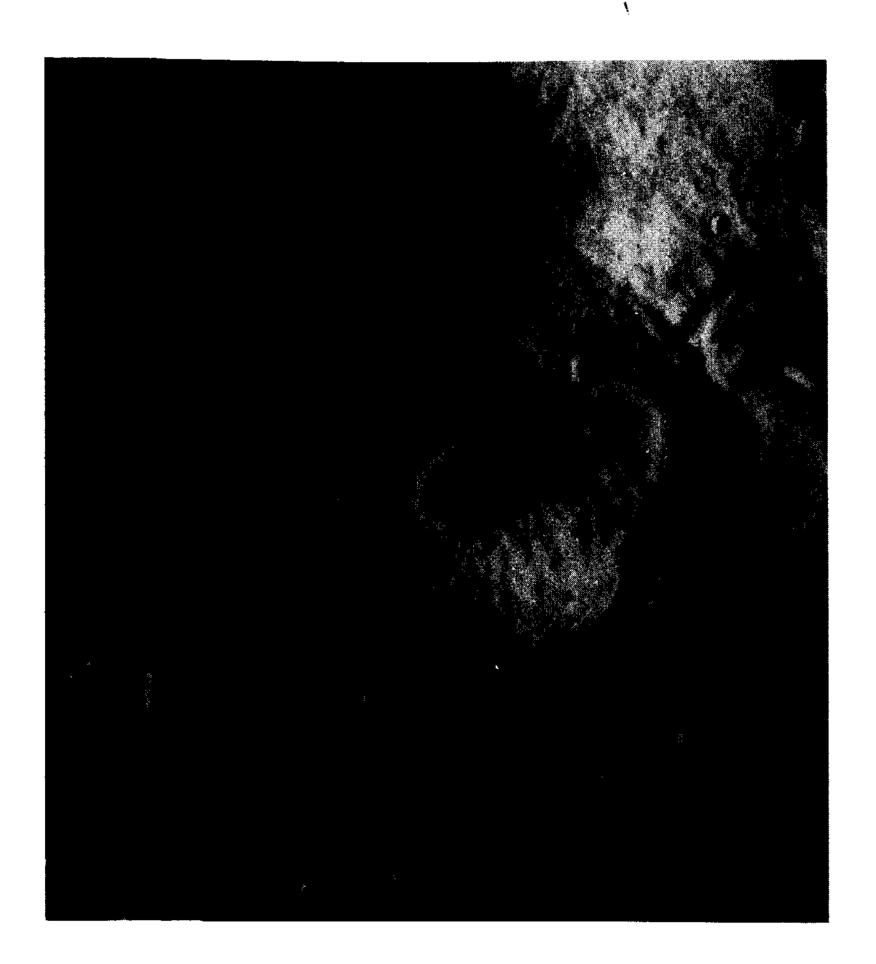
إن الرابع من يوليو ١٩٩٧، أي قبل شهرين من دخول جلوبال سرفيور إلى مداره الثابت حول المريخ، هو الموعد المقرر لهبوط مارس باثفايندر(٩) على سطح المريخ. انطلق مارس باثفايندر إلى الفضاء في ديسمبر ١٩٩٦،

وسيستخدم مظلة parachute لتسمح لهواء المريخ بإبطاء هبوطه على سطح الكوكب. ولأن سرعة هبوط سفينة الفضاء ستبلغ ألف ميل في الساعة، فستقوم بنفخ inflate أربعة أكياس هوائية يبلغ عرض كل منها ١٥ قدما قبل الارتطام بسطح الكوكب. وبالإضافة إلى الصواريخ الارتجاعية retro-rockets، التي تطلَق لفترة وجيزة لإبطاء السفينة الفضائية أكثر، ستتيح هذه الأكياس للمركبة مارس باثفايندر إمكان القفز إلى ارتفاع ٣٠ قدما والهبوط بخفة على أحد السهول الفيضية (١٠) القديمة للمريخ. وهذه المنطقة المسماة وادي آريز Ares Vallis (١١)، تلبي مطلبين مزدوجين: توفير سطح منبسط نسبيا للهبوط، ووضع المحطة الأرضية lander بالقرب من خط الاستواء المريخي بدرجة تكفي لتلقيها كمية من ضوء الشمس تكفي لتشغيل خلاياها التي تعمل بالطاقة الشمسية. وفي نهاية الأمر، سيرغب خبراء وكالة «ناسا» المسؤولون عن اختيار مواقع للبحث عن حفريات محتملة، في زيارة منطقة وادي داو Dao Vallis، حيث تعرفوا هناك على ما يبدو وكأنه واد كانت تتدفق عبره المياه من الينابيع الحارة، خلال تلك الحقبة الغابرة التي كانت بها مياه جارية على سطح المريخ. لكن منطقة وادي آريز لا تزال تمثل بديلا جذابا؛ فلو سارت الأمور على ما يرام، فسيهبط مارس باثفايندر في مكان ما ضمن قطع ناقص ellipse تبلغ قياساته ٦٠ في ١٢٠ ميلا في هذه المنطقة.

بعد تفريغ مارس باثفايندر لأكياس الهواء الخاصة بها، تقوم محركاتها الصغيرة بتثبيت السفينة الفضائية في الوضع العمودي upright وفتح الأغطية الواقية لمعداتها العملية وهوائيات الاتصالات. وفى خلال اليوم المريخي، تستخدم مارس باثفايندر آلات التصوير المزودة بها لمسح المناظر الطبيعية للمريخ والتمييز بين الأنواع المختلفة من الصخور التي تراها؛ كما تستخدم أيضا معدات الأرصاد meteorological equipment للتعرف على حالة الطقس. والأهم من ذلك كله هو أن مارس باثفايندر ستُنزل سلمين ramps، ستنزلق من أحدهما عربة إلكترونية - وهي أول عربة ذاتية الدفع ترسل من الأرض لمسح سطح المريخ.

نعلم أن المشروعات الكبرى تبدأ بتقدم صغير؛ «فالجوّال» rover الذي تحمله السفينة الفضائية مارس باثفايندر لا يزيد طوله على قدم ونصف القدم، وارتفاعه على قدمين، وهو ما لا يزيد كثيرا على نماذج السيارات التي

كان المراهقون المتحمسون يتسابقون بها. وهذه العربة ذات المحرك الكهربائي الذي يعمل بالطاقة الشمسية، بنظام التعليق المتطور ذي العجلات الست، والذي يمكنها من السير على مختلف التضاريس المريخية الوعرة نسبيا،



على أحد جوانب بركان مريخي قديم تقع قناة كبيرة تسمى وادي داو Dao Vallis، والتي تظهر في أسفل يسار هذه الصورة التي التقطتها المركبة المدارية «فايكنج»، والتي يبدو أن المياه كانت تتدفق إليها، والتي ربما كانت موقعا لينابيع المياه الحارة منذ بلايين السنين، خلفت وراءها ترسبات يسميها الجغرافيون اللبائد Sinters [١٢] (صورة وكالة «ناسا»).



تصور لفنان عن هبوط السفينة الفضائية مارس باثفايندر على سطح المريخ، يوضح ظهور شرنقة cocoon من أكياس الهواء التي تعمل على تخفيف حدة الهبوط. وبمجرد توقف السفينة الفضائية عن القفز، تُفرَّغ أكياس الهواء، وتقف السفينة الفضائية وجانبها الأيمن للأعلى، ثم تفتح «بتلاتها» petals، لكشف لوحات خلاياها الشمسية.

تتكلف أكثر بمراحل من أفضل سيارة تنتجها مصانع ديترويت [١٢]. بقبول وكالة «ناسا» لاقتراح تقدمت به بنت عمرها ١٢ سنة لإعادة تسمية «الجوال» ليأخذ اسم سوجْورنر Sojourner، على شرف سوجورنر تروث S. Truth، المبشرة البروتستانتية evangelist السوداء التي اشتهرت في فترة ما قبل الحرب الأهلية الأمريكية، والتي ولدت أمَةً في نيويورك، لكن سيدها أعتقها قبيل إلغاء الولاية لنظام الرق في العام ١٨٢٧. وبعد أن كسبت معركة قضائية لتحرير ابنها (والذي بيع بطريقة غير شرعية لتجار الرقيق بالجنوب)، قامت بتغيير اسمها، ونادت بالتخلص من العبودية وبحق التصويت والانتخاب، وخاصة في المؤتمرات المنادية بمنح المرأة حق التصويت.

إن كل يوم على المريخ سيتيح الفرصة لسفينة الفضاء مارس باثفايندر للتعرف على أماكن جديدة بأن يقوم الجوال سوجورنر باستكشافها. وبعد ذلك، واسترشادا بالتوجيهات الواردة من الأرض، سيقوم سوجورنر بمسح شامل لسطح الكوكب، وصولا إلى أماكن تبعد ما بين ٥ و١٠ ياردات [١٤] من المحطة الأرضية. ولو واجه سوجورنر صخرة كبيرة لا يمكنه تسلقها، فبوسعه أن يدور من حولها.

كانت مهمة سوجورنر تنحصر في الوصول إلى الصخور المحلية التي يعتقد أنها واعدة من خلال الصور التي بثتها المحطة الأرضية، ومن ثم محاولة لتحديد تركيبها. ولكي يستطيع ذلك، يحمل الجوال آلة تصوير مصغرة عالية الكفاءة لتصوير الصخور، وزوِّد كذلك بجهاز يعمل على تقطيع شرائح من هذه الصخور، مما سيمنح الجيولوجيين الأرضيين الفرصة لإجراء فحص دقيق لهذه الأسطح الصخرية المريخية المعرّضة لتوها. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن للجوال سوجورنر أن يطلق مسمارا كبيرا spike مزودا بزنبرك إلى الصخور لاختبار صلابتها، كما يحمل مقياسا للطيف spectrometer، ليمدنا بمعلومات إضافية عن تركيب هذه الصخور.

ومثلها مثل السفينة الفضائية جلوبال سرفيور، فإن مارس باثفايندر تمثل عصرا جديدا في وكالة «ناسا»، يحكمه شعار مدير الوكالة دانييل جولدن Goldin: «الأرخص، الأسرع، الأفضل». (كان المتهكمون يقارنون أحيانا بين هذا الشعار، ولافتة مفضلة لدى ميكانيكيي السيارات، تدعو العميل لاختيار أي اثنين من تلك المقاييس الثلاثة). كانت تكلفة هاتين السفينتين الفضائيتين، والمعدلة

وفق معدلات التضخم، تقل كثيرا عن مثيلتها بالنسبة إلى مركبتي الفايكنج، والتي كان عليها تحقيق هبوط سلس بواسطة صواريخ ارتجاعية، وهي مهمة تزيد تكلفتها كثيرا على فتح مظلة وأكياس هوائية، كما حملت أروع مختبر مصغر صُنع على الأرض. وتأمل وكالة «ناسا» في أن تثبت المركبة الفضائية مارس باثفايندر أنه على رغم أن الغلاف الجوي للمريخ لا يزيد سُمكه على ١٪ من مثيله على الأرض، إلا أن الهبوط السلس ممكن من دون الحاجة إلى صواريخ ارتجاعية. وبالمثل، فعلى السفينة جلوبال سرفيور أن تظهر أننا نستطيع إرسال أدوات أتوماتيكية لتسير في مدار ثابت حول المريخ بتكلفة منخفضة.



إن البتلات المفتوحة للسفينة الفضائية «مارس باثفايندر» مغطاة بخلايا شمسية، تزودها بالطاقة الكهربية. ويقوم الغطاء الحراري المصنوع من الذهب بحماية الكمبيوتر وغيره من المعدات الإلكترونية من التقلبات الجوية القاسية على المريخ. وسينزلق الجوّال المصغر، سوجورنر، عبر سلم الخروج إلى سطح المريخ، لقضاء أسبوع في إجراء تجارب علمية.

الحظ السيئ للدخول الروسي: المريخ ٩٦

كان مقررا للسفينة الفضائية الروسية الآلية، المريخ ٩٦ [١٥]، أن تصل إلى المريخ بحلول نهاية العام ١٩٩٧، ومن ثم تتخذ لها مسارا حول المريخ، وترسل محطتين أرضيتين landers إلى سطح المريخ. وبالإضافة إلى ذلك، فقد كان مقررا لهذه المركبة المدارية إطلاق «مخترقين» اثنين penetrators، وهما مسباران probes يطلقان إلى السطح بسرعة شديدة، ويتحملان وطأة الصدمة، ومن ثم اختراق التربة المريخية على عمق بضع أقدام. ولو عمل هذان المخترقان بالصورة المطلوبة، لتمكنا من إجراء أول قياسات لسطح المريخ على عمق أكبر من بوصات قليلة؛ ولقاما أيضا بتثبيت آلات تصوير ومعدات للأرصاد على السطح فوقهما مباشرة، وذلك لبث بيانات إضافية بخصوص هذه المواقع المحتملة للهبوط على المريخ.

في السادس عشر من نوفمبر ١٩٩٦، عندما انطلقت «المريخ ٩٦» من ميناء بايكونور الكوني [١٦] في كازاخستان، فشلت المرحلة الأخيرة من الصاروخ في الاشتعال. ونتيجة لذلك، هوت السفينة الفضائية إلى المحيط الهادي بصورة مُخزية، مغرقة معها حمولة صافية بلغت تكلفتها ٢٠٠ مليون دولار، وهي حصيلة جهد استمر لسنوات عديدة من قبل العديد من العلماء والمهندسين في عشرين بلدا. ولأن برنامج الفضاء الروسي يستخدم صواريخ أكثر قوة من أي من مثيلاتها لدى وكالة «ناسا»، كانت معدات المريخ ٩٦ أثقل وزنا بكثير من مثيلاتها في كل من جلوبال سرفيور و مارس باثفايندر، وكان بوسعها توفير حساسية أكبر، خاصة في نظام آلات التصوير. وترقد كل هذه المعدات الآن في المحيط المالح، ممثلة مجرد إضافة جديدة لقائمة السفن الفضائية التي فشلت إما في الوصول إلى المريخ وإما في العمل بصورة صحيحة بمجرد وصولها إلى هناك. وربما كانت كارثة المريخ ٩٦، تمثل نهاية برنامج الفضاء الروسي، والذي تقلص تمويله بصورة كبيرة بالفعل، والذي سيواجه الآن صعوبة في إيجاد مشترين لمركباته الفضائية. لكن يجب على العلماء، على أي حال، أن يحاولوا تخطي هذه النتيجة السلبية، والاستمرار في التخطيط لنجاحاتهم المستقبلية.

الجيل التالي من سفن الفضاء الآلية إلى المريخ

كان قد جرى تصميم وإنشاء جميع سفن الفضاء التي انطلقت عام ١٩٩٦، قبل نشر الأخبار المتعلقة بالحجر النيزكي ALH 84001. وحتى المجموعة التالية من الرحلات إلى المريخ، والمخطط لانطلاقها عام ١٩٩٨، تخطت بالفعل المرحلة التي يمكن عندها إجراء أي تعديلات رئيسية عليها. ولكن لحسن الحظ، فقد كانت أهم الرحلات، المسماة جلوبال سرفيور المريخي، مصممة جيدا بالفعل لزيادة فهمنا للمريخ ولاحتمال كونه صالحا للسكنى.

تخطط وكالة «ناسا» لإطلاق مارس سرفيور Mars Surveyor، وهو أداة أقوى بكثير من أي من جلوبال سرفيور ومارس باثفايندر في ديسمبر ١٩٩٨. ومثل مركبات الفايكنج فإن مارس سرفيور سيضم مركبة مدارية orbiter لدراسة الكوكب من أعلى، ومن ثم تسجيل البيانات وإرسالها إلى الأرض، ومحطة أرضية lander يمكنها إجراء استقصاءات تفصيلية لمساحة صغيرة على سطح الكوكب. وعلى أي حال، فبعكس مركبات الفايكنج، ستقوم كل من المركبة المدارية والمحطة الأرضية لمارس سرفيور برحلات منفصلة إلى المريخ. وتتيح هذه الخطة لوكالة «ناسا» استخدام صواريخ دلتا ٢ Delta II المنخفضة التكلفة نسبيا، لكل رحلة. وبعكس الفايكنج أيضاً، فلن يكون هدف المحطة الأرضية لمارس سرفيور هو السهول العريضة للمريخ، بل يتمثل هدفه في بقعة قريبة من حافة القمة القطبية الجنوبية، حيث تقوم المحطة الأرضية بشق التربة بعناية، بحيث تكشف طبقاتها المتعاقبة ثم ترسل صورها إلى الأرض.

وخلال «نافذة الإطلاق» نفسها، أي في أواخر عام ١٩٩٨ وأوائل ١٩٩٩، ستقوم الوكالة اليابانية للفضاء بإطلاق السفينة الفضائية «الكوكب ب Planet-B» [١٧]، والتي صممت لتدور حول المريخ للحصول على المزيد من المعلومات عن غلافه الجوي. ولكي تستطيع تحقيق هذا الهدف، كانت «الكوكب ب» تحمل مقياسا للطيف صممه علماء من الولايات المتحدة لإجراء قياسات تفصيلية لمكونات الغلاف الجوى.

كفانا من الصور والقياسات:
ماذا عن جلب عينات إلى الأرض؟

كان الجدل الدائر حول ما إذا كان هناك دليل في الحجر النيزكي ALH 84001، يثبت وجود الحياة منذ زمن بعيد على المريخ، يطرح هذا التحدي: إذا كنا نأمل في الحصول على دليل مؤكد على وجود الحياة، فربما كنا في حاجة إلى الحصول ليس فقط على مجرد صور أو قياسات للصخور المريخية، بل على عينات حقيقية منها، ليتم دراستها بشكل تفصيلي في المختبرات الأرضية. ويوضح تحليل الحجر النيزكي ALH 84001 تلك التفاصيل الدقيقة المؤثرة التي تتيح المختبرات المتطورة على الأرض للعلماء تحقيقها، باستخدام معدات قادرة على إحصاء حتى الأعداد الضئيلة من الأنوية المشعة، أو إجراء تحاليل كيميائية معقدة باستخدام أشعة الليزر والمجالات الكهربية.

وعلى رغم الإنجازات المؤثرة للمختبرات الأوتوماتيكية، مثل تلك التي زودت بها المحطة الأرضية للفايكنج، قد نجد أنه حتى أحدث أجيال هذه الأعاجيب المصغرة لم تستطع أن تجد حياة على سطح المريخ، أو بقايا لحياة أحفورية، إذا أردنا تحليل تفاصيل مثل تلك التي رآها ديفيد مكاي، وريتشارد زار، ومعاونوهما. لكننا كنا محظوظين إذ أتيحت لنا الفرصة لجمع نحو ١٢ صخرة مريخية والتعرف عليها، بتكلفة تقل عن جزء واحد من الألف من تكلفة إرسالنا حتى لأبسط السفن الفضائية إلى كوكب آخر. لكن إجراء المزيد من الأبحاث على الأحجار النيزكية المريخية، قد لا يؤدي إلى تحسين فهمنا لاحتمالية وجود حياة قديمة على سطح المريخ بدرجة كبيرة، وحتى تجول سفينة فضائية على سطح المريخ قد لا يزودنا بدليل قاطع لإثبات أو نفي وجود حياة حالية على الكوكب الأحمر.

ويمكننا أن نلاحظ، مع الأسف، أن المعدات التي نرسلها إلى الكواكب الأخرى على متن أفضل سفننا الفضائية، تصبح قديمة جدا عند وصولها وجهتها. حيث إن هذه الرحلات لا تستغرق فقط الجزء الأكبر من سنة (بالنسبة للرحلات إلى المريخ أو الزهرة)، أو سنوات عديدة (بالنسبة للرحلات إلى المشتري وزحل) ؛ لكن الأمر الأكثر أهمية هو أن السفن الفضائية يجب تصميمها، وهندستها، وبناؤها، ثم اختبارها بكل دقة قبل إطلاقها. فإذا انفتحت «نافذة الإطلاق» قبل أن تقلع السفينة الفضائية بنجاح، فقد يمر أكثر من سنتين، على الأقل بالنسبة للمريخ، قبل أن تنفتح هذه «النافذة» مرة أخرى.

ومن ناحية أخرى، فإذا استطعنا جلب عينات إلى الأرض، فإن هذه العينات لن يصيبها القِدَم مطلقا. وفي الواقع، فكلما استطاع العلماء تطوير أساليب جديدة لدراستها، أصبحت هذه العينات أكثر حداثة فيما يتعلق بالمعلومات التي يمكنها أن تزودنا بها. ويمدنا الحجر النيزكي ALH 84001 بمثال نموذجي لهذه الحقيقة، برغم أنه وصل إلى الأرض بمحض المصادفة، وليس نتيجة لجهد بشري. ومع تطوير العلماء لتقنياتهم لفحص الأحجار النيزكية من هذا النوع، والتعرف على إمكان إجراء اختبارات إضافية على العينات التي قاموا بدراستها بالفعل، يمكنهم استنباط معلومات جديدة من الصخور القديمة. وعلى أي حال، فالحجر النيزكيALH 84001 «صخرة صلبة» تشكلت بفعل النشاط البركاني، ثم تحجرت congealed مكونة ما يشبه الصخور البركانية (النارية) على الأرض. إن ما يريد علماء البيولوجيا الفضائية دراسته بالفعل هو الصخور الرسوبية، وهي الصخور التي تتكون بمرور الوقت بفعل الترسبات التي تجري تحت الماء وعلى الأرض. هذه الصخور هي الأحجار الحاملة للحفريات؛ لكن حتى علماء الباليونتولوجيا الخبراء لا يمكنهم العثور على حفريات في الأحجار البركانية. لكن الصخور الرسوبية هشة لدرجة لا يمكن معها أن تصل إلى الأرض بطريقة الارتطام. وسيؤدي أي جسم يفجر هذه الصخور ويطلقها في الفضاء ـ إن كانت موجودة على سطح المريخ أصلا ـ إلى تحطيمها، مفتتا إياها إلى كِسَر صغيرة لا يمكن التعرف عليها كأحجار نيزكية إذا اتفق ووصلت إلى الأرض.

إن ما يمكن أن تثبت ضرورته، وهو ما يثير بكل تأكيد أولئك القائمين على التخطيط للرحلات المستقبلية إلى المريخ، هو احتمالية دمج الطوافات rovers الأتوماتيكية التي ستحدد المواقع المحتملة لوجود الحياة على المريخ، مع عربات رحلة العودة التي ستجلب عينات من سطح المريخ والطبقة تحت السطحية منه إلى الأرض. وطبقا لخطط وكالة «ناسا» الحالية، فلا يمكن لهذا الاندماج القوي أن يكون جاهزا للاستخدام في «نافذة الإطلاق» لعام ١٩٩٨/١٩٩٩ أو حتى ٢٠٠١ ؛ ولكن فتح النافذة التالية لانطلاق الرحلات الفضائية إلى المريخ في منتصف العام ٢٠٠٣، لتصل في أوائل عام ٢٠٠٤، ووصول العينات للأرض في عام ٢٠٠٥، قد يمكن استغلاله إذا تلقت وكالة «ناسا» تمويلا إضافيا لهذا المشروع. وعلى أي الأحوال، فإن العقد الأول من الألفية الجديدة سيشهد جلب صخور من المريخ إلى الأرض، شرط أن يظل الحماس لاستكشاف سطح المريخ



يحلم كريس مكاي، وهو خبير في علم الجيولوجيا الفضائية، بالعمل على عينات من صخور يؤتى بها من المريخ ليدرسها بصورة مستفيضة (المصور: دونالد جولدسميث «المؤلف»).

قويا بين أولئك الذين سيمولون مثل هذه المحاولة. وعندما يحدث ذلك، فلن يكون هناك من هو أكثر رضا من ذلك الرجل الذي كرَّس جزءا كبيرا من حياته سعيا وراء جلب عينات من المريخ، وهو كريستوفر (كريس) مكاي McKay.

السعي إلى جلب عينات من المريخ

إن كريس مكاي، وهو ثاني شخص باسم مكاي نلتقيه في هذه القصة، لا يمت بصلة قرابة إلى ديفيد مكاي، الفريق الذي درس الحجر النيزكي 84001 ALH، وهو رجل طويل وممشوق القوام في الأربعينيات من عمره. حصل مكاي على شهادة الدكتوراه في «الجيولوجيا الفضائية astrogeology» من جامعة كولورادو قبل خمسة عشر عاما، ثم التحق بمركز آميس للأبحاث، التابع لوكالة «ناسا» في ولاية كاليفورنيا لدراسة العلاقة بين نشوء النظام الشمسي وأصل الحياة. وقد ارتحل مكاي إلى كلتا المنطقتين القطبيتين للبحث عن ظروف تشبه تلك الموجودة على المريخ وتسلق صعودا وهبوطا بين الوديان الجافة لقارة أنتاركتيكا لمساعدة إيمري فريدمان Friedmann في بحثه عن الحياة المتمثلة في الحصيات المختبئة بين الصخور cryptoendoliths، وارتدى بزة غطس «سكوبا» مخصصة لدرجات الحرارة المنخفضة، وغطس في بحيرة هور Hoare، وهي بركة كبيرة في قاع أحد الوديان الجافة، لدراسة الطحالب التي تمكنت من العيش تحت الغطاء الجليدي الدائم للبحيرة.

وقد لاحظ مكاي ذلك بقوله «إن الغطاء الجليدي للبحيرة أمر جيد، حيث إن هذا يمنع بقية البحيرة من التجمد. ولو كان الثلج أثقل من الماء، فلم يكن في الإمكان حدوث شيء من ذلك»، وهو سبب آخر يوضح لماذا يمثل الماء مذيبا ممتازا لأي من أشكال الحياة. «أنت تعلم أن أوروبا [وهو أحد الأقمار الأربعة الكبيرة

التابعة للمشتري] له سطح جليدي.كما نجد أن صور جاليليو [التي التقطت عام ١٩٩٦ بوساطة السفينة الفضائية التي دارت حول كوكب المشتري في أوائل تلك السنة] قد أظهرت وجود تشققات في الجليد، يمكنها التواصل مع المياه الموجودة تحتها. سيكون هذا عالما هائلا تتعين دراسته لمعرفة ما إذا كانت ظروف ما قبل الحياة prelife conditions، أو حتى الحياة ذاتها، يمكن أن توجد هناك».

ولكن على الرغم من أن القمر أوروبا له جاذبيته الخاصة، فإن أكثر ما ملأ عيني مكاي بالحماس هو فكرة للذهاب إلى المريخ، بداية بطوافات rovers أوتوماتيكية، ثم بسفينة فضائية يمكنها جلب عينات من المريخ إلى الأرض. يقول مكاي «لقد أمدنا الحجر النيزكي ALH 84001 بمعلومتين رئيسيتين عن الرحلات التي يمكنها جلب العينات إلى الأرض؛ أولاهما هي حقيقة أن أول صخرة قديمة عُثر عليها من المريخ قد تعرضت لمياه سائلة تعني أن أي صخرة تقريبا توجد على الأرض المريخية المفعمة بفوهات البراكين ستكون مثيرة لاهتمامنا. ويؤكد ذلك مفهومنا عن أن المريخ البدائي كان يختلف بصورة هائلة عن المريخ الآن، الذي أصبح معتما وباردا. ولسنا في حاجة إلى قضاء عقدين من الزمن في التخطيط للمكان الذي يتعين فيه الهبوط للحصول على عينة من المريخ إذا كانت الصخرة القديمة الأولى مفعمة بالمعلومات القيِّمة. ويظهر الحجر النيزكي ALH 84001 أنه في وقت ما منذ ما بين ٣,٥ و٤,٥ بلايين سنة، كان المريخ رطبا، ودافئا، ومختزلا reducing [مزودا بغلاف جوي غني بالهيدروجين]. ويبدو أن العمليات التي حدثت في جميع أرجاء المريخ القديم قد تسببت في تكوين قشرة، مثل طبقة الورنيش، فوق جميع الصخور السطحية، مما تسبب في حبس الأدلة تحتها. لذا فإن كل تشقق أو تصدع في الصخور المريخية القديمة يجب أن يحفظ الأدلة التي تشير إلى وجود الحياة، إن كانت موجودة أصلا.

ثانيا، «أظهر الحجر النيزكي ALH 84001 أن التضاريس البركانية على المريخ تمثل موقعا مهما للبحث عن وجود الحياة، فهناك مناطق كبيرة على الكوكب لم يعكر هدوءها شيء لمدة تزيد على ٣,٥ بلايين سنة». وقد استنتج الفلكيون هذه الحقيقة من خلال العدد الكبير من فوهات البراكين، والتي يفترض أنها تكونت خلال المراحل المتأخرة من حقبة العصف الشديد bombardment بعد تكوّن النظام الشمسي. «ليس من السهل أن نهبط في الأراضي المرتفعة المفعمة بفوهات البراكين، وذلك لأن السطح بالغ الوعورة، ولأنها أعلى بأكثر من ميل عن

الأرض المنخفضة، ولذلك فهناك قدر أقل من الغلاف الجوي للمساعدة في فرملة السفينة الفضائية، لكنه يعد أفضل مكان لجلب العينات منه. أما ثاني أفضل الأماكن فهو قيعان البحيرات القديمة والروافد التي كانت تغذيها، وهي مناطق أسهل لعملية الهبوط. وفي الواقع، تعد قيعان البحيرات lake beds مناطق مثالية للبحث عن حياة أحفورية على المريخ. وهناك سببان عمليان لذلك: أولا، لأنها مناطق واسعة ومسطحة، لذلك يمكننا تحديدها بصورة مؤكدة، كما أن قيعان البحيرات تعد أماكن ملائمة للحفريات وهي أساسا مستقلة عن النموذج الذي يمكن للحياة أن تخلف وراءها حفريات، وفقا له. وفي النهاية، نجد أن بيئة قارة أنتاركتيكا المتجمدة تشير إلى أن الحياة يمكن أن تستمر في بحيرة تحت غطاء من الجليد عند جفاف المناخ المحيط».

وعلى الرغم من أن الأخبار التي وصلت عن المريخ في العام ١٩٩٦ قد حفزت وكالة «ناسا» على تجديد جهودها للتخطيط لرحلة لجلب عينات من المريخ، فمن السابق لأوانه تحديد تاريخ لحدوث ذلك بالفعل. يقول مكاي «لقد حصلنا على أول صخرة مريخية مجانا، لكن الصخور التالية ستكلفنا نحو ٣٠٠ مليون دولار. علينا أن نخطط لجلب عينات من المريخ بأقصى سرعة. ويمكن أن تكون هذه الرحلة سريعة وسهلة، حتى لو جمعنا فقط حفنة من الصخور والتراب من المريخ». وهذا هو نوع الرحلة التي يمكن أن تتكلف ٣٠٠ مليون دولار؛ أما السفن الفضائية الأكثر تطورا فتبلغ تكلفتها أكثر من ذلك بكثير. «إن جلب العينات عملية مكلفة للغاية»، هذا ما أشار إليه مكاي .

ماذا عن وجود بشر على المريخ ؟

عندما يفكر أغلب الناس في استكشاف المريخ، تتمحور الصورة المرتسمة في خيالهم حول وجود بشري على هذا الكوكب. إن المحطات الأرضية الأتوماتيكية، والطوافات، وأجهزة الاستكشاف القادرة على تصوير السطح، أو حفر الطبقة تحت السطحية، أو فحص حواف القمم القطبية، قد تكون جميعها مفيدة للغاية، لكن المؤكد أن هدفها الرئيسي هو تمهيد الطريق أمام المستكشفين البشريين. ألم يكن ذلك هو تاريخ التفاعل البشري مع الآفاق الجديدة المتوسعة؟ ألا يجب أن يتمثل قَدَرُنا في استكشاف واستعمار الكواكب المجاورة؟

عندما كتب راي برادبوري Bradbury، وهو مؤلف كتاب «تواريخ المريخ» (١٨)، عن الأخبار المريخية، عبّر جيدا عن هذا الاعتقاد البشري الأساسي الذي يؤمن بأن الزيارات الشخصية وحدها هي ما يستحق المجهود. قال برادبوري في العام ١٩٩٦ «إن الاكتشاف الظاهري للحياة على الكوكب الأحمر لا يستحق أن نلهث وراءه إلا إذا سمحنا له بأن يقودنا إلى المجاز الأكبر: وهو زحف الجنس البشري عبر الشبكية العمياء للكون، على أمل أن يراه أحد، آملا في أن يؤخذ بعين الاعتبار، ويأمل في أن يكون جديرا بالاعتبار... وفي المرة التالية [التي نهبط فيها على المريخ] علينا أن نشحن أجسادنا للتحديق عن قرب إلى تلك الأعجوبة التي يجب أن تكون المريخ... إن المريخ عالم ميت في انتظار من يوقظه... يقول البعض إننا لا نستطيع تَحَمُّل تكلفة ذلك، لكننا لا نستطيع سوى أن نفعل ذلك».

بهذه الكلمات، عبّر برادبوري عن جوهر الاستجابة البشرية للكون الواسع من حولنا: وهو شعور بالوحدة، يترافق مع رغبة في التواصل مع الكون، وشوق إلى معرفة ما هو موجود، ثم زيارة هذه الأفلاك البعيدة؛ واعتقاد بأننا نحن البشر نستطيع بعث الحياة في تلك العوالم الميتة. ويتردد صدى هذه الأفكار المتأصلة فينا، مع أعمق مشاعرنا عن معنى الحياة ذاتها. وهي تستحق احترام أولئك القائمين على تنظيم جهودنا لاستكشاف الكون، بسبب كل من أهميتها الروحانية، وتأثيرها السياسي، بالمعنى الواسع للكلمة.

ولكن على الرغم من أنني أشاركه في العديد من هذه المشاعر، فهناك حجج قوية ضد إرسال البشر إلى المريخ، على الأقل حتى تقوم أجيال عديدة من السفن الفضائية الأوتوماتيكية بإخبارنا بالمزيد عن جارنا السماوي.

ما الحجج المعارضة لإرسال البشر إلى المريخ؟ بديهيا، لا يوجد أي منها: لكن الصعوبة، والخطر والتكلفة تمثل عقبات يجب تخطيها من أجل الحصول على المكافأة الكبرى لاستكشاف كوكب آخر ليس بوساطة روبوتات (رجال آليين)، بل من قبل بشر حقيقيين يمكنهم تحويل انتباههم وموقعهم بناء على ما يجدونه، كما يكونون حساسين للنصر والمجد اللذين يمثلهما وضع أقدامهم على عالم جديد، «وجها لوجه... مع شيء يساوي القدرة [البشرية] على التعجب» لو جاز اقتباس خاتمة رواية سكوت فيتزجيرالد Fitzgerald بعنوان The Great Gatsby . ويجب ألا يغفل أحد عن القوة الدافعة للرغبات البشرية:

فلو استمر بقاء الجنس البشري لعدة قرون أخرى، أعتقد أنه من شبه المؤكد أن يستكشف البشر المريخ بأنفسهم، وبقية الكواكب الشمسية أيضاً. وعلى أي حال، فعلى المدى القصير، تبدو الحجة مقنعة (على الأقل بالنسبة إلي!) بأن استكشاف الإنسان للمريخ سيكلف مبالغ طائلة، كما ينطوي على مخاطر جمة تتمثل في تلويث كوكب آخر بالحياة البشرية، إلى درجة تحتم علينا أن نركز على الفحص المنهجي للكوكب باستخدام أجهزة استكشاف آلية.

عندما نلقي نظرة باردة، وسأتجرأ على القول بأنها علمية، على الاستكشاف البشري المباشر للكواكب، أعتقد أنه من الواضح أنه يعاني المعوقات نفسها التي يقال إن نبيلا بريطانيا وجدها في التجربة الجنسية «إن اللذة مؤقتة، والتكاليف باهظة، والوضع سخيف». ومن المهم أن نذكّر أنفسنا بأن التحليل من دون انفعال لا، ويجب ألا، يحكم جميع أنشطتنا، وبأن استكشاف الإنسان للمريخ يمكن أن يقدم فوائد نفسية وروحية تجعلنا نختار في النهاية تحقيق هذا الاستكشاف على الرغم مما يقوله العقل والمنطق. وعلى الرغم من ذلك، تبقى حقيقة أنه فيما يتعلق بالرحلات البشرية إلى المريخ، فإن التكلفة هائلة بالفعل، فهي تبلغ على الأقل عشرة أضعاف، ومن المرجح جدا أن تصل من مائة إلى ألف ضعف ما تتكلفه السفن الفضائية الأوتوماتيكية؛ واللذة مؤقتة بالفعل، إذ إننا نستطيع الحصول على المكافأة النفسية الحاسمة، التي تتمثل في معرفة أننا وصلنا إلى المريخ شخصيا، مرة واحدة فقط؛ كما أن الوضع سخيف بالفعل، حيث يخبرنا المنطق بأن وقت إرسال البشر إلى المريخ سيحين بمجرد أن نتوصل للحصول على المعرفة الكافية من خلال السفن الفضائية الأتوماتيكية، واللازمة للسماح بتنفيذ خطة مدروسة جيدا للاستكشاف البشري للمريخ. وفي عام ١٩٦١، ضرب الرئيس الأمريكي جون كنيدي Kennedy على الوتر الحساس لاستجابة مواطنيه الأمريكيين عندما أعلن قائلا « إننا نختار الذهاب إلى القمر».وأعتقد أنه في الإمكان تقديم حجة مقنعة بأن الاندفاع نحو إرسال البشر إلى القمر لم ينتج فقط عن سباق التسلح مع الاتحاد السوفييتي، بل أدى إلى غياب المستكشفين البشريين للقمر خلال الخمس والعشرين سنة الماضية. ونظرا إلى افتقادنا لأساس منطقي مترابط، فقد اعتبرنا أن استكشاف القمر لا «يستحق» السعي نحوه.

في سبتمبر ١٩٩٦، وبعد خمسة أسابيع من أول إعلان احتمال وجود حياة قديمة على المريخ، أعلن الرئيس كلينتون Clinton أن الولايات المتحدة ستكتشف في المستقبل المنظور المريخ عن طريق إرسال حزم من المعدات instrument packages وليس عن طريق سفن فضائية تحمل رواد فضاء في داخلها. وقد خلصت دراسة إدارة كلينتون إلى أن الهدف الذي وضعته في السابق إدارة بوش Bush الأب، هو إرسال بشر إلى المريخ (والترتيب لإعادتهم إلى الأرض مجددا!) بحلول عام ٢٠١٩، كان مكلفاً للغاية وعالي الخطورة إلى درجة لا يمكن معها الاستمرار في دعمه. وفي الوقت نفسه، دعا الرئيس كلينتون إلى عقد اجتماع للخبراء في ديسمبر ١٩٩٦، وذلك للتخطيط لأفضل طريقة لاستكشاف المريخ باستخدام السفن الفضائية الأوتوماتيكية.

وقد وقّت الرئيس إعلانه لقراره بحيث يتزامن مع نهاية أطول رحلة فضائية قام بها أمريكي، وهو رائد الفضاء شانون لوسيد Lucid، الذي قضى ستة أشهر مع عالمين روسيين على متن السفينة الفضائية «مير» Mir. ويساعد إنجاز لوسيد، الذي لم تزد على مدة رحلته سوى رحلة استمرت عاما كاملا لرائد فضاء روسي، على إظهار أن البشر يمكنهم البقاء على قيد الحياة في حالة انعدام الوزن، بالإضافة إلى المنبهات المُربكة (١٩) (أو عدم وجود منبهات على الإطلاق) المرتبطة بالرحلات الفضائية، لفترات زمنية مشابهة لتلك التي تستغرقها الرحلة من الأرض إلى المريخ. تكمن المشكلة، في إرسال البشر في مثل هذه الرحلات، ليس فقط فيما إذا إن كان في وسعهم احتمال الرحلة، بل فيما إذا كنا نستطيع تحمل تكاليف المكاسب الهزيلة المتوقعة لأولى الزيارات البشرية للمريخ، وما إذا كان لدينا الاستعداد للمخاطرة بتلويث كوكب آخر بميكروباتنا الأرضية، بحيث لن نعرف مطلقا ما إذا كان أي من أشكال الحياة التي قد تكتشف على المريخ نشأت هناك، أم أنها مجرد حياة تسربت من الأرض.

وبصورة ما، لا يوجد صراع بين الحافز لاستكشاف المريخ بالروبوتات، والرغبة في الوجود البشري هناك؛ فالكل يدرك أن الأول منهما لابد من أن يسبق الثاني، وأن هناك حاجة إلى العديد من الرحلات الآلية المتتالية للإعداد للأنشطة البشرية على المريخ. ومن ناحية أخرى، فهناك صراع قائم بالفعل بين رغبات قلوبنا ورغبات عقولنا: فالأولى تريد بشرا على المريخ، بينما ترغب الثانية في التعرف على الظروف السائدة هناك.

أما من الناحية الثالثة، فمع تعلمنا لاعتماد توجهات جديدة بخصوص علاقتنا مع بيئة الأرض، يمكننا - وربما يتعين علينا - التوصل إلى وجهات نظر جديدة حول كيفية ربط ذلك بالكون. يقول العالم الفلكي جيل تارتر Tarter «عليك أن تحترم أشكال الحياة التي قد تكتشف [على سطح المريخ]. فإن وجدت الحياة هناك، فسيختلف الأمر عن كون الكوكب غير صالح لوجود الحياة». وقد يجد هذا التوجه عددا من المناصرين يكفي لإبطاء الخطط الرامية لإرسال البشر إلى المريخ، إذا لم تؤد حقيقة محدودية الموارد المهمة بنفسها.

إنني أؤمن بقوة بأننا نستطيع تعلم رؤية السفن الفضائية الأوتوماتيكية كامتداد لأنفسنا .فعندما التقط رواد الفضاء أول صورة لكامل الأرض من الفضاء، كان أكثر ما هز البشرية هو حقيقة أن الناس يستطيعون رؤية كوكبهم بالكامل لأول مرة، وليس فكرة أن هناك أناسا ارتادوا الفضاء لعمل ذلك. وإذا عثرت أجهزة الاستكشاف الآلية على حفريات على سطح المريخ، أعتقد أن هذه الأخبار ستكون بدرجة الإثارة نفسها لو كان إنسان حقيقي هو الذي فعل ذلك. فالإثارة، على الرغم من كل ذلك، تقبع داخل كل منا. وبطبيعة الحال، فنحن نستجيب بدرجة أكثر لغيرنا من البشر، لكن عندما نصل إلى مرحلة أكبر من الوعي بموقعنا في الكون، أتوقع أن تكون استجابتنا هي المزيد من الاهتمام بما نتعلمه، أكثر من اهتمامنا بمن يعلمنا ذلك.

المستقبل البعيد والتشكل الأرضي للمريخ

من أجل الحصول على مدخل مساو بالنسبة إلى استيطان الإنسان على المريخ ، دعوني أتوقع بحرِّيَة أن البشر سيهبطون على المريخ آجلا أم عاجلا، باذلين كل جهودهم لعدم تدمير البيئة هناك - كما آمل! - وهناك، سينشئون محطات علمية يعملون من خلالها على استكشاف الكوكب الرابع في المجموعة الشمسية. في روايات الخيال العلمي، تمثل هذه علامة على بداية وليس نهاية القصة. وبالفعل، يمكننا توقع أن المريخ سيحظى بوجود بشري مستمر في وقت ما من الألفية الثالثة. والسؤال هنا هو ما الذي يمكن أن نتوقعه من هذا الوجود والنشاط البشري هناك؟

نجد أن بعض العلماء، ومنهم كريس مكاي، أثارته احتمالية التشكل الأرضي terraforming للمريخ، أي تغييره حتى يصبح أقرب شبها بكوكب الأرض. يقول مكاي «هناك مفهومان واسعان فيما يتعلق بالتشكل الأرضي للمريخ، الأول هو أننا نستطيع أن نجعل المريخ شبيها بما كانت عليه الأرض قبل أن يصبح غلافنا الجوي غنيا بالأكسجين. ويعني ذلك أن نجعل الغلاف الجوي المريخي أكثر سمكا، مع استمرار بقائه مكونا في معظمه من ثاني أكسيد الكربون. ولكي نستطيع عمل ذلك، علينا تدفئة الكوكب حتى تتسامى sublimate القمم القطبية وتطلق محتواها من ثاني أكسيد الكربون إلى طبقة الغلاف الجوي.يقول مكاي «إن إضافة كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون ستسمح للغلاف الجوي المريخي بإنتاج مؤثر للدفيئة، الذي سيعمل على امتصاص حرارة الشمس، ومنع ثاني أكسيد الكربون الغازي من التجمد مرة أخرى على القمم القطبية، مما يسمح بوجود مياه سائلة ويتسبب في ارتفاع درجة حرارة سطح الكوكب بعشرات الدرجات على ما هي الحال عليه الآن. لكن كيف يمكننا إذابة القمم القطبية للمريخ؟ بوساطة غازات الدفيئة الفائقة supergreenhouse gases، وهي الكلوروفلورو كربونات [٢٠] (CFCs) التي نعتبرها سيئة على الأرض، لأننا لا نريد أن نرفع درجة حرارة كوكبنا عما هي عليه. لكنها أكثر فعالية بصورة هائلة من غازات الدفيئة العادية مثل ثاني أكسيد الكربون». ويمكن لكميات صغيرة من غازات الدفيئة الفائقة هذه، عند حقنها في الغلاف الجوي للمريخ، أن ترفع درجة حرارة الكوكب بمقدار عشرات الدرجات لمدة سنوات عديدة، حتى تختفي في النهاية من الغلاف الجوي، بعد آلاف السنين، بالاندماج مع جزيئات أخرى على ارتفاعات شاهقة.

ماذا عن تحويل غلاف جوي مشبع بثاني أكسيد الكربون إلى آخر غني بالأكسجين؟ «إن الخطوة الثانية لجعل المريخ يشبه الأرض بالفعل، أكثر صعوبة من سابقتها بكثير. ففي وسعك تبخير القمم القطبية باستخدام كمية ضئيلة نسبيا من الطاقة، لكن من أجل إضافة الأكسجين إلى الغلاف الجوي، عليك أن تحطم الروابط الكيميائية التي تمسك بالأكسجين في التربة. ولكي تفعل ذلك، فسوف تحتاج إلى آلات ذاتية التكاثر تسمي النباتات». يرى مكاي أنه لتحقيق الخطوة الثانية، يجب أن تتقدم عملية

التشكل الأرضي للمريخ من خلال استخدام أعداد لا تحصى من النباتات الشبيهة بالطحالب algaelike plants، التي ستعيش في البحيرات المريخية الناتجة عن الخطوة الأولى.ومثلها مثل النباتات على الأرض، ستقوم الطحالب باستنشاق ثاني أكسيد الكربون وإخراج الأكسجين. يقول مكاي «إن إذابة القمم القطبية قد تستغرق عدة عقود، لكن الخطوة الثانية ستحتاج إلى نحو مائة ألف سنة؛ فلا يمكنك تسريع الفعالية التي تحوّل بها النباتات ثاني أكسيد الكربون إلى الأكسجين، لكنك في النهاية تستطيع الحصول على محيط حيوي شامل global biosphere على المريخ، يكون شبيها في غناه وإنتاجيته بمثيله على الأرض».

وبطبيعة الحال، لا يرى الجميع عملية التشكل الأرضي للمريخ هدفا مرغوبا. فيقول توبياس أوين Owen «أعتقد أنه أمر غير مسؤول تماما أن نقترح أن استعمار كوكب آخر يمكنه حل مشكلاتنا المتمثلة في التلوث وزيادة السكان؛ فما سيحدث هو أننا سنحمل تلك المشاكل معنا. لذلك علينا التركيز على التشكيل الأرضي للأرض، أي تحويل كوكبنا إلى مكان أفضل للعيش فيه».

ويميل كريس مكاي إلى النظر إلى ما هو أبعد من هذه المخاوف، ويقول «إنني أرى القضية مقسمة إلى ثلاثة أجزاء: هل يمكننا؟ هل يجب علينا؟ هل سنفعل ذلك؟ فبالنسبة إلى سؤال «هل يمكننا؟»، أعتقد أنه ليس هناك شك في أننا سنستطيع فعل ذلك في النهاية. وبالنسبة إلى سؤال «هل يجب علينا؟» فإجابتي هي بنعم، وهي تعتمد على تفضيلي للحياة. حيث إن الخروج من كوكبنا ونشر الحياة في كواكب أخرى أمر مهم ومفيد أن تفعله». وهذا هو الموقف الذي افترض كريك وأورجيل Crick & Orgel أنه قد يكون موجودا بالفعل في الحضارات اللا أرضية على اعتبار مرغوبية التبزر الشامل الموجه directed panspermia، وهنا يتساءل مكاي قائلا: «أما بالنسبة إلى سؤال: «هل سنفعل ذلك؟»، فأنا لا أعتقد ذلك، لأن تكلفته باهظة، لكن في مقابل ماذا ؟ بطبيعة الحال، فإن البشر الذين سيذهبون إلى المريخ ، وليس أولئك الموجودون على الأرض، هم المستفيد الأكبر من ذلك، ولذلك سيكونون على استعداد للتبرع بجزء كبير من الناتج الإجمالي القومي [٢١] لبلادهم لمصلحة هذا المشروع».

أما بالنسبة إلي، فإن عملية التشكّل الأرضي للمريخ تشبه فكرة إنشاء متنزه على قمة جبل إيفرست [٢٢]. فمن الممكن أن يحدث ذلك، لكننا سنفقد شيئا مهما خلال هذه العملية؛ وهو كم مرة أخرى، إذن، علينا تجنب فرصة إعادة تشكيل كوكب بكامله؟ كمواطن جيد، أنا على استعداد أن أضع ثقتي في الناس، وفي القادة الذين اختاروهم بصورة ديموقراطية لحكم الشعب؛ لكن الأخيرين، وكما أشار برتراند راسل[٢٣]، لا يمكنهم أن يكونوا أقل ذكاء من الأولين. ومن هذه القاعدة الثابتة، سأنظر إلى المستقبل بكل ثقة. فقد حان وقت إنهاء بحثنا عما يمكن للصخرة المريخية أن تخبرنا به، بالنظر إلى كيفية تلاؤمها مع الإطار العلمي، إضافة إلى دراسة بعض الأفكار التي أدت أخبار الحجر النيزكيALH 84001 إلى اعتمالها في نفوسنا.



8 العلم كأسلوب للحياة

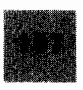
إن الحكاية التي سردتها عن البحث عن الحياة على المريخ ومضامين ذلك البحث بالنسبة إلى الحياة في الأماكن الأخرى من الكون، تقودنا إلى قصة أكبر. فالحجر النيزكي ALH 84001 ونتائج الأبحاث المتعلقة به تزودنا بمثال ممتاز على كيفية تطور العلم نتيجة للعمل الجاد، والبصيرة الثاقبة، والتأمل المعتمد على الخبرة. والأمر الأهم والأقوى هنا هو أن الاكتشافات والمناقشات المتعلقة باحتمال وجود حياة قديمة على المريخ، تساعدنا على تحديد الفرق بين الطرق التي ينظر بها الناس إلى العالم، وسبل استكشاف العلماء للكون.

الاختلاف بين الرؤية العلمية وغيرها للعالم

«مَن ستصدقين - أنا أم عينيك؟».

شيكو ماركس

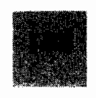
إن العلم هو شكوكية منظَّمة. ويلعب كل من النعت adjective والاسم noun التاليين له دورا مهما في التعرف على كيفية رؤية العلماء للعالم - عندما يفكرون كعلماء. فالشكوكية تتيح للعلماء، وأي شخص آخر يطبق هذا المبدأ، أن يتشكك فيما يقال له. وقد يبدو غريبا أن يكون الشك متأصلا في جذور العلم، والذي يبدو أنه يتكون من مجموعة كبيرة من الحقائق والصيغ



formulae التي يؤمن بها معظمنا من دون شك، والتي ـ حتى عندئذ ـ تقع عند حدود الفهم. وعلى أي حال، فإن كل عالم يلقّن خلال فترة تدريبه حكايات لا نهاية لها توضح له أهمية الشكوكية عن طريق وصف الرجال والنساء الذين شككوا في المعرفة التقليدية وصولا إلى طرق جديدة للفهم.

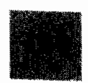
ويسمح التنظيم organization لشكوكية العلماء بدفع قضية المعرفة قدما؛ فعندما يعلن أحد العلماء عن فتح علمي جديد، فإن أول رد فعل لزملائه من العلماء يكون منظما للغاية: فهم يتشككون به. وهم يقومون بذلك لأنهم على علم تام، نتيجة لكل من التجربة والحكايات التي جرى التحقق منها، بأن أغلب الأفكار الجديدة يثبت خطؤها في النهاية. وقد نظم العلم منذ زمن طويل لمكافأة ليس فقط ابتكار الأفكار الجديدة، بل ورفض تلك الأفكار. ويخلق هذا التنظيم سلسلة هرمية من المتشككين، والتي تعكس أهمية شكوكهم بصورة تقريبية. والأكثر أهمية هنا هم الخبراء المتمرسون في مجال المعرفة العلمية نفسه أي الخبراء الذين حققوا المكانة التي وصلوا إليها بتقديم نتائج علمية اجتازت اختبار الشك بنجاح. ويلي ذلك في الأهمية غيرهم من العلماء الذين يعملون في الميدان العملي، والذين يبذلون قصارى جهدهم لتحسين سمعتهم، وبالتالي وظائفهم العلمية. وهناك طريقة ممتازة للقيام بذلك، وهي على درجة الجودة نفسها أو أفضل من حصول المرء على نتيجة جديدة بمفرده، تتمثل في اكتشاف خطأ فادح في نظرية جديدة وجريئة لأحد العلماء الآخرين.

قد تبدو تلك طريقة فظة لتنفيذ مشروع ما، كما أنه بالتأكيد يتعارض مع ما نعده سلوكا جيدا في التعاملات الشخصية. لكن العلماء ينخرطون فيه ويعدونه مبدأهم الأساسي، لأنهم يجدونه أكثر الطرق فاعلية لزيادة الفهم. ولأن الشكوكية تحكم عالم العلم، فإن الحيد عن مبادئها لا يمكنه أن يصمد طويلا أمام هجمات العلماء المتشككين. فلو قام أحد العلماء بتبني نظرية ما لأنها تبدو جيدة، أو لأنها ترضي رغبات رئيسه في العمل، أو أنها ستمنحه المزيد من أموال المنح البحثية، فإن أي مكسب مؤقت يجري تحقيقه من هذه النظرية سيقابله الاستنتاج النهائي بأن هذا العالِم كان على خطأ. وعلى رغم أن بعض الأخطاء قد تكون باهرة، وعلى رغم أن النظرية التي توضَع بعناية ثم يثبت خطؤها فيما بعد لا تتسبب في تشويه سمعة واضعها، فإن أعلى مكافأة تتحقق لتلك النظريات التي يثبت أنها مؤثرة وصحيحة في الوقت نفسه.



في الميدان العلمي، يقوم كل عالم بالتنافس للحصول على اهتمام زملائه أو زملائها من خلال الاستشهاد بنتائج أبحاثه أو أبحاثها، ومن ثم انتظار ردة فعل الشكوكية المنظمة لديهم. فكل عالم يسمع بهذه النتائج يقول في نفسه على الفور: لماذا عليّ أن أعتقد بصحة هذه النتائج؟ وهنا تبدأ عملية الاختبار التي ينتج عنها إما رفض أو قبول النظرية الجديدة بخصوص الطبيعة؛ فلو اجتازت الاختبارات، فسيطلق عليها العلماء أنها نظرية صحيحة (على رغم أنها ستظل دوما قابلة للتصحيح المحتمل بفعل الاكتشافات والتحليلات التالية). وبطبيعة الحال، فهذا لا يعني أن العلماء يقضون حياتهم في الشك بكل شيء يسمعونه أو يقرأونه. وعلى العكس من ذلك، فهم يحتفظون بتشككهم للأشياء الجديدة والمهمة فقط. وتأتي مكافأتهم من حقيقة أنهم عندما يؤمنون بشيء ما، فهم يفعلون ذلك بطريقة مختلفة؛ إذ يعتمد إيمانهم على كونهم قد تغلبوا، من خلال الاختبارات المباشرة، على شكوكهم الخاصة، وشكوك زملائهم (وهو الأمر الأكثر أهمية).

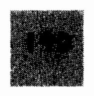
وقد عبّر عن ذلك بصورة ممتازة الفيزيائي المشهور ريتشارد فينمان Feynman عندما رفض التأكيدات القائلة بأن رواد فضاء قدامى ancient astronauts قد زاروا الأرض، عندما أعلن أنه يعلم مدى مشقة العمل الذي يتعين عليه بذله لإثبات صحة شيء ما. لم يكن فينمان يعني أن رواد الفضاء القدماء لم يكن بمقدورهم زيارة الأرض، ولكنه يعني أن الذين ادعوا ذلك فشلوا تماما في المشاركة في عملية الاختبار العلمي. لماذا، إذن، لم يقم فينمان بتحري هذا التأكيد المهم بنفسه؟ يرجع سبب ذلك إلى أنه حكم بوضوح بأن مثل هذا البحث لن يؤدي إلى نتائج مفيدة؛ وباختصار، كانت لديه أشياء أكثر أهمية ليقوم بها. ومثلما قام أبراهام لينكولن(١) بدراسة رفضه للاعتراف بوجود جيفرسون دافيز(٢) خلال الحرب الأهلية الأمريكية، فإن عدم استعداد العلماء للاهتمام بالأفكار التي تظهر خارج مجتمع العلماء يثير جنون بعض أولئك الدخلاء ـ على سبيل المثال، أولئك الذين يصرون على أن «الوجه المريخي» يدعو إلى إجراء المزيد من الأبحاث. ويمثل هذا الرفض جزءا من الشكوكية المنظمة للعلم، والتي أدت في الواقع إلى خلق ما يشبه «المؤسسة النقابية» (٣). فالذين لا ينضمون إلى تلك المؤسسة لا يحصلون إلا على القليل من الاهتمام أو الاحترام من العلماء الذين يتصرفون بموجب



صفتهم العلمية. ومثل الشكوكية العلمية ذاتها، فقد يبدو الاحترام هذا أمرا فظا، ونخبويا elitist، ومضادا للديموقراطية. وعلى رغم كونه كذلك؛ لكنه أتاح للعلم فرصة للنجاح.

بالإضافة إلى مواقفه غير الديموقراطية، ينتهك العلم أيضا أهم قوانين الاعتقاد البشرية، وهو ذلك المتعلق بتصديق الأفكار التي تنطوي على ثواب عاطفي. ليس هناك من يعرف أفضل من العلماء أن كلا منا يعتقد فيما يحب، وأنه ليس من الضروري أن يتفق الواقع مع هذه المعتقدات. فإذا لم يمنح العلم ممارسيه مكافأة فهم الواقع المادي إلى درجة لا تتوافر لدى أنظمة الاعتقاد الأخرى، فلن تنخرط الغالبية العظمى منهم في تلك الأنشطة التي عادة ما تتحدى مشاعرهم الداخلية تجاه الكون. وحتى مع كل محاولاتهم لتعطيل مشاعرهم وأحكامهم المسبقة، فقد أدرك العلماء خطرها، مما أدى إلى ظهور القاعدة العلمية التي تقول بأن النظرية لا يمكن دحضها بالكامل، لكنها قد تموت في النهاية مع وفاة واضعيها. ومع استخدام الشكوكية المنظمة، يقابل العلم مجموعة كاملة من تحيزات prejudices شخص ما بمجموعة مختلفة (أو هذا ما نأمله!) من تحيزات لشخص آخر. وهنا يتاح للجدل الدائر حول الواقع فرصة حقيقية لأن يرشدنا إلى الطريق الصحيح.

لاحظ أن الشكوكية المنظمة للعلم تتطلب أن يقوم العلماء بالتنافس لنيل اهتمام زملائهم. ويخلق البحث العلمي العديد من المتطلبات التنافسية في فترة زمنية محدودة، ولا تتحقق مكافآته سوى بقيام نسبة كبيرة أو مؤثرة (والأفضل الاثنان معا) من الزملاء بالاطلاع على جهود المرء. وفي هذا المجال، لا يحقق النجاح أكثر من سجل عظيم للإنجازات. وقد أخبرني أحد العلماء الذين حققوا نجاحا باهرا عن تجربته كعالم حاصل حديثا على شهادة دكتوراه، فعندما حضر مؤتمرا علميا وجد، ويا له من أمر مرعب، أنه على رغم نشره لمقال يعالج موضوع المناقشة نفسه تحديدا، كان من الواضح أن أحدا من الحاضرين لم يقرأه. وقال: «في تلك اللحظة، قطعت على نفسي عهدا بألا يتكرر ذلك مرة أخرى». وليس عجبا أن هذا الرجل، وهو عضو في الأكاديمية الوطنية للعلوم(٤) - وهي منظمة مرموقة، قد حظي بقدر كبير من الاهتمام، والذي سيكون غير ذي قيمة بالنسبة إليه أو بالنسبة إلى بقية العلماء - أو بالنسبة إلى العالم - ما لم يكن ما قاله قد نجا من شكوك زملائه.



ولأن رؤية العلماء للعالم تختلف بصورة ملحوظة عن نظرة أغلب الناس، فإن العلماء عادة ما يواجهون عوائق نفسية عندما يحاولون شرح سبب اعتقادهم في صحة نظرية ما، أو- وهو ما يثير عوائق أكبر- عندما يحاولون تفسير سبب عدم صحة النظريات بالغة الحُمق. ولأننا على وعي عميق بأن الشكوكية المنظمة لن تكون مقبولة لدى معظم البشر أبدا، مما يؤدي إلى وقوعهم في خطأ بشري شائع، واعتمادهم لذلك الاتجاه الذي عبر عنه بصورة جيدة المؤلف رينج لاندر Lander، عندما تحدث عن والده قائلا: «أوضح لي الأمر قائلا؛ اصمت».

في المناقشة السابقة، وضعت العلم كما أراه في أنبل صوره. لكن في عالم الواقع، يقوم بعض العلماء بتبني نظريات معينة، واختيار اتجاهات بحثية بعينها لمجرد أنها تبدو جيدة أو لأنها سترضي رئيس العمل، أو ستحقق المزيد من المال. ونظرا إلى كون العلماء مجرد بشر، فهم يظلون معرضين لأوجه الضعف الخاصة بالحالة البشرية. وكثيرا ما يقعون في أخطاء، علمية وشخصية، تتضمن الفشل في مراعاة تقاليد الخلاف العلمي. فمحاولات توضيح وقوع عالم آخر في الخطأ قد تكون حادة بصورة مدهشة، من دون أن تؤدي إلى ازدراء هذا العالم (بل إنها كثيرا ما تستقطب إعجاب زملائه من العلماء)، بينما الهجمات على شخصية أو سلوك أحد العلماء تتخطى الحدود نفسها التي نلاحظها في حياتنا اليومية. فالنوع الأول من النشاط يعزز محاولات العالِم لاكتشاف حقيقة الكون، بينما يضيف الثاني، ببساطة، إلى الكم الإجمالي من كروبنا الشخصية.

إن ظهور كلمة «حقيقة» يذكرنا بأن هناك بعض الأكاديميين غير العلميين يسعون بأنفسهم إلى تعزيز نظريات يقبلها زملاؤهم، قد روجوا لفكرة أنه لا يمكن الوصول إلى حقيقة الطبيعة، وأنه عوضا عن ذلك، يقوم كل منا ببناء «حقيقة» خاصة به، والتي يعترف بها المجتمع على أنها «ال» حقيقة. إن إنكار فكرة أن الطبيعة لها حقيقة فعلية يمكننا اكتشافها، من خلال الممارسة في جزء منها والباقي في الجانب النظري، يبدو لمعظم العلماء أمرا سخيفا إلى درجة لا تمكنهم من مناقشته، فهم يضعونها في جانب واحد مع إعلانات «نهاية العلم» (والتي تعني، بصورة عامة، أن العلماء قد استنفدوا كل النظريات القابلة للاختبار). ومن بين العيوب الخطيرة لنظرية الحقيقة كبناء بشري

reality-as-human-construct، نجد عدم قدرتنا على اختبار صحة أو عدم صحة هذه النظرية. وبطبيعة الحال،فهذا الاعتراض لا يمثل قيمة كبيرة سوى لدى العلماء، والذين قد يقال أنهم متحيزون في هذا الجدال.

الحجر النيزكي المريخي والرؤية العلمية للعالم

مع الحجر النيزكي ALH 84001، ظل العلم يدور في جميع الاتجاهات؛ فكل فروع العلم المعنية بتحليل الصخرة المريخية - الجغرافيا، والفلك، والكيمياء، والميكروبيولوجيا (علم الجراثيم)، والباليونتولوجيا (علم الإحاثة) paleontology، والبيولوجيا الجزيئية molecular biology، والفيزياء، وعلم المواد - ساهمت في تأمين البيانات واختبار أهميتها. وما يظل مدهشا بخصوص الحجر النيزكي المريخي هو أن محتوياته، على رغم كونها مثيرة للغاية، إلا أنها لا تزال تمثل لغزا، بالمعنى الأساسي الذي مفاده أنه لم يُتفق بعد على طبيعتها ومضامينها. وليس هناك شيء يمكنه أن يكون مُمَيِّزا للعلم أكثر من ذلك. وخلال السنوات القليلة التالية، ومع تنافس العلماء للحصول على العينات الثمينة من الحجر النيزكي ALH 84001، والعثور على أحجار نيزكية مريخية جديدة، ستجلب لنا سفن الفضاء معلومات جديدة عن المريخ، مما قد يمكننا من التوصل إلى ما يمكن للأدلة المحتواة في الحجر النيزكي أن تخبرنا به. وإذا لم يحدث ذلك، فسيتعين على العلماء أن يبذلوا جهودا أكبر لتأمين المزيد من الأدلة واختبار مدى أهميتها، من خلال اتباع طريق الشكوكية المنظمة الذي أرشدهم بصورة ممتازة.

تصبح قوة الشك المنظمة واضحة على وجه الخصوص عندما نسترجع ذكريات ظاهرة مثل الغضب المصاحب للاندماج النووي البارد، والذي ظهر في العام ١٩٨٩. وعلى عكس الأدلة المحتواة في الصخرة المريخية، والذي يمكن للمتشككين أن يتحققوا من صحتها سريعا، حتى عندما يتجادلون حول مضامينها، فإن الدليل الذي ادُّعي أنه يثبت حدوث الاندماج النووي البارد، سرعان ما تبخر في أثناء المحاولات اليائسة لعلماء آخرين لإثبات صحته. ولو لم يكن العلم منظما بطريقة تجعل هذه الاستجابة السريعة ممكنة، لظلت الإثارة المصاحبة للاندماج النووي البارد باقية لسنوات عديدة، مما كان سيستنزف كميات كبيرة من الموارد ويبدد الحياة العلمية لكثيرين. كان يمكن

للاندماج النووي البارد أن يكون أمرا رائعا ـ لو أنه كان صحيحا. لكن ليست جميع الأمنيات في العالم يمكن أن تتحقق، لذلك فنحن جميعا أفضل حالا بفضل السرعة التي بها دُحِضَت نظرية الاندماج النووي البارد هذه.

وعلى رغم مخاطرتنا بالتكرار، دعونا نلاحظ أن العلم يقدم لنا طريقة خاصة للنظر إلى العالم، وهي رؤية قدمت فوائد عظيمة، ليس فقط لمن يتبعونها، بل إلى أولئك الذين لا يعرفون شيئا عن العلم. وعلى أي حال، فأنت لا تستطيع الحصول على شيء من دون أن تفقد شيئا آخر، كما قال ثورو. وباعتبار أن العلم يعتمد على الشكوكية، وهو موقف يختلف عما نشعر به في دواخل أنفسنا، لا يجب أبدا أن نفقد رؤيتنا لحقيقة أن العلم ليس إلا إحدى الطرق التي يمكن بها سرد قصة ما، أي أنه مجرد خرافة «تفسر» العالم المحيط بنا. ويختلف العلم فقط لأن القصة والخرافة متعلقتان كلاهما بما يسمى عموما بالواقع المادي physical reality؛ أما بالنسبة إلى أولئك الذين يجدون أن هذه الحقيقة غير كاملة، أو حتى أنها ذات ترتيب منخفض في الأهمية، فلا يمكن للعلم أن يمثل بالنسبة إليهم أكثر من مجرد مصدر للأنباء السارة الساحرة. يشعر كثير من العلماء بالفجوة الموجودة بين الجانب المتشكك لديهم، والتي تؤدي إلى فهم أكبر للعالم المادي، وبين الجانب الروحاني ethereal، الذي يهتم بالأشياء الأخرى. وفيما يمكن أن يُرى كمحاولة لتوحيد هذين الجانبين، قال ألبرت أينشتاين ذات مرة إن «أكثر الأشياء إبهاما بخصوص العالم هو أنه يمكن فهمه». لكن لا يزال هناك قدر من الغموض في هذه الكلمة؛ «يمكن فهمه comprehensible».

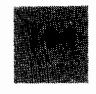
المضامين اللاهوتية لاحتمال وجود حياة قديمة على المريخ

من بين الكثير من ردود الفعل المثيرة عن الأخبار المتعلقة بالحجر النيزكي ALH 84001، كانت ردود فعل اللاهوتيين theologians على اختلاف طوائفهم الدينية هي الأبرز، فاحتمالية وجود حياة على سطح المريخ ـ حتى لو كانت حياة قديمة لا يتجاوز قطرها جزءا من بليون من البوصة ـ تثير مرة أخرى السؤال المتعلق بموقع وهدف البشرية في الكون. ونجد أن علماء الفلك الذين أنزلوا الأرض عن عرشها كمركز للكون، من خلال إثباتهم أن الشمس، وليست الأرض، هي مركز النظام الشمسي، يبدو الآن أنهم يحاولون ذلك مجددا، هذه

المرة من خلال الحياة القادمة من كوكب آخر. وللتأكد من ذلك، فإن الحفريات المجهرية نادراً ما تطرح هذا السؤال بصورة لافتة للنظر، مثلما يفعل اكتشاف وجود ذكاء لا أرضي. وقد طرح جون كوب Cobb، وهو أستاذ متقاعد بمدرسة كليرمونت للاهوت بولاية كاليفورنيا، تلك المشكلة اللاهوتية بهذه الطريقة: إذا كان «إذا سلب منا الشيء الذي ربما بدا مميزا بخصوص [الأرض] - أنها وفرت الظروف التي وجدت فيها كائنات بالغة التعقيد- فسوف يأخذنا ذلك خطوة أخرى بعيدا [عن فكرة] أن البشرية لها ثمة دور مكاني spatial في الخلق».

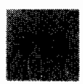
ضمن نظامها اللاهوتي المتسق، فإن التقاليد اليهودية - المسيحية Judeo-Christian تجد صعوبة في قبول فكرة وجود حياة لا أرضية أكبر من أي ديانة رئيسية أخرى. ويستخدم القرآن، وهو الكتاب المقدس للإسلام، كلمة «العالمين»(٥) universes، وأوضح أن الكون يضم عديدا من المخلوقات التي لا يمكن للبشر معرفتها(٦). وكذلك فإن الديانتين البوذية و الهندوسية لا تواجهان أي صعوبات فيما يتعلق بمفهوم وجود حياة، حتى لو كانت حياة بالغة التطور والذكاء، في مكان آخر من الكون؛ بل ويقال إنهم يرحبون بوجود مثل هذه الحياة. لكن الكتاب المقدس(٧) وتفسيره يتسببان في بعض المشاكل. وعلى رغم مجازفتنا بالمبالغة في التبسيط، يمكننا تقسيم الاستجابة اليهودية- المسيحية للحياة اللا أرضية إلى فئتين أساسيتين؛ وهما المعسكر المتمركز حول الأرض earth-centered، ومعسكر المجد الأكبر. وتنظر المجموعة الأخيرة إلى الحياة في أي مكان آخر من الكون على أنها جوهرة أخرى في تاج الخلق. وبالنسبة إلى اللاهوتيين في هذه الفئة، فإن قصة سِفر التكوين Genesis تقوم ببساطة بحذف ما يمكن أن يكون قد حدث في العوالم الأخرى. وكاستجابة للأخبار الآتية من المريخ، قال المتحدث باسم الكنيسة الكاثوليكية في فرنسا، أوليفييه ديلابروس de la Brosse : «لم يفترض علم اللاهوت المسيحي أبدا أن الأرض وسكانها هم كل ما خلقه الله. فالكتاب المقدس يتعامل فقط مع تاريخ البشرية، ولو أُثبت وجود حياة على المريخ، فلن يمثل ذلك بالنسبة إليَّ دليلا إضافيا، بل أحد مظاهر قدرة الله. وخلاصة القول هو أن الله أعظم بكثير مما كنت أعتقد».

ومثل ديلابروس، فقد خلص كثير من البروتستانت(٨) إلى احتمال وجود عوالم أخرى متنوعة. أما نانسي ميرفي Murphy، التي تقوم بتدريس الفلسفة المسيحية في معهد فوللر اللاهوتي بمدينة باسادينا بولاية كاليفورنيا، فقد



استجابت للأخبار القادمة من المريخ بقولها: «يمكن أن يظهر الإله نفسه للمخلوقات الأخرى بالشكل المناسب لها». في حقيقة الأمر، فإن معظم أتباع معسكر المجد الأعظم قد تواجههم مشكلة أكثر صعوبة فيما يتعلق بوجود حياة على المريخ اندثرت لاحقا، إذا ثبت وجودها أصلا. يقول جون كوب Cobb: «بالنسبة إلى غالبية اللاهوتيين اليوم، لن يكون لهذا الاكتشاف أي تأثير على الإطلاق». (لنأمل في أن يكون كوب يشير إلى المعتقدات الدينية للاهوتيين وليس إلى فهمهم الكلي للكون). ويستطرد كوب قائلا: «لكن هذا أمر مختلف تماما عن المعتقدات الدينية الشائعة، [في حين أن] ما يتعلمه الناس من العلم يؤثر في كيفية تفكيرهم بشكل ديني».

ويقودنا هذا إلى الفئة الثانية، وهي منظومة الاعتقاد المتمركزة حول الأرض. وعند مستوى حدسي ما، فإن كل فرد على الأرض ينتمي إلى هذه المجموعة. وعلى أي حال، فالكثير منا قد تعلم، وتقبّل عند مستوى في قرارة نفسه، أن الشمس ما هي إلا نجم واحد من بين بضع مئات البلايين من النجوم في مجرة درب اللبانة، وأن مجرتنا هي واحدة من بين مئات البلايين أو أكثر من المجرات الموجودة في العالم المرئي. وقد تتسبب مثل هذه الأفكار في كثير من التشوش؛ فهي لا تتفق مع ما تدركه عقولنا. ونتيجة لذلك، فإن العديد من الحضارات قد مرت بحوادث مؤسفة من محاولة قمع أولئك الذين حاولوا نشر فكرة «كوكب الأرض الصغير وسط الكون الهائل». وتنتج هذه المحاولات عن رغبة يمكن فهمها، لكن يصعب الثناء عليها، للحفاظ على المجتمع من السقوط من خلال ضمان استمرار الاعتقاد بالفضاء والزمن. عندما قامت محكمة التفتيش(٩) الكاثوليكية عام ١٦٠٠ بإعدام جيوردانو برونو Bruno حرقا، بتهمة المناداة بوجود عوالم أخرى بها سكان يحبهم الله كما يحب البشرية، كانت تعتقد أنها تقوم بعمل فيه مصلحة للمجتمع، على رغم أن ذلك - في الواقع - قد صعّب عملية فهم عظمة الله. (ولسوء الحظ فإن أوليفييه ديلابروس لم يكن موجودا ليشرح لإخوانه من الكاثوليك أن الكتاب المقدس لم يشر إلا إلى قصة البشرية !). وقد واجهت كل الحكومات الثيوقراطية (١٠) مشاكل مشابهة مع «الهرطقة» heresy، وذلك لأن جميع المجموعات البشرية قد واجهت صعوبة في تصديق الشيء نفسه لفترات طويلة من الزمن.



على المستوى الفردي، نحن الآن نملك حرية الإيمان. أما بالنسبة إلى بعض الكاثوليك واليهود، وبالنسبة إلى عدد أكبر من البروتستانت المتشددين والإنجيليين evangelical، فإن الإيمان يتضمن ما يسمى بالتفسير الحرفي للكتاب المقدس، وهي مهمة على الأقل في نفس صعوبة إيجاد تفسير حرفي لدستور الولايات المتحدة. وبالنسبة إلى العديد من المسيحيين المتشددين، فإن كلمات هذا الكتاب لا تستحق أي احترام، إذ أنها تناقض كلمات الإله بنظرهم. فهم يقولون إن التطور evolution ما هو إلا خدعة، وإن الأرض هي الكوكب الوحيد الذي به حياة ذكية. يقول جون مك آرثر McArthur، وهو رئيس كلية ماستر في مدينة سانتا كلاريتا بولاية كاليفورنيا : «إن معتقداتنا اللاهوتية تسمح بوجود أشكال بسيطة من الحياة، لكن ليس بوجود كائنات مفكرة أخرى على قدم المساواة أو أفضل من البشرية». ووفقا لهذه الفلسفة اللاهوتية، قام الله بخلق العالم في ستة أيام، يحتوي كل منها على ٢٤ ساعة.

قد يبدو أن النظرية اللاهوتية القادرة على تجاهل الأدلة التطورية في الآلاف من الأنواع الحية على الأرض لن تقلقها فكرة احتمال وجود بعض الميكروبات في حجر مريخي. وعلى أي حال، هناك شيء ما بخصوص السر المريخي، حتى وسط دوائر المتشددين، يبدو أنه يعمل على إثارة موضوع التطور من جديد. وربما كان ذلك هو الشعور بأنه بعد رفض ملايين الحفريات التي اكتشفت على الأرض على أساس أنها قد فُسِرت بالخطأ أو لأنها زائفة، ظهر فجأة ذلك المشهد المهيب لعدد كبير من الحفريات الآتية من كوكب آخر. وفي سبتمبر ١٩٩٦ عندما أدلى كل من ديفيد مكاي Mckay، وريتشارد زار Zare، وويزلي هنترس الابن Huntress, Jr.، بشهادتهم أمام اللجنة الفرعية للفضاء، والمنبثقة عن اللجنة العلمية للبرلمان، كان أول سؤال من رالف هول Hall، وهو عضو الكونجرس عن ولاية تكساس وأحد الأعضاء المهمين في اللجنة الفرعية، متعلق بعمر الحجر النيزكي ALH 84001 البالغ ٤,٥ بلايين سنة. قال هول إن عدد السنوات المعنية كبير لدرجة لا يمكن معها للناس قبوله وفقا لرواية الكتاب المقدس. وفي استجابتهم لهذا الأمر، نجد أن العلماء قد امتنعوا عن تقديم تفسيرات علمية لهول، أو حتى عن طرح طرق لتسوية الأمر، مثل افتراض أن الله قد خلق العالم كاملا مع سجل قديم في باطن الصخور، ربما لحثنا على الالتزام بمنهجه. (إن هذه التسوية بين

الأصولية الدينية والنظرية التطورية، والتي لا يمكن اختبار صحتها أساسا، كما أنها لا تحظى برضى أي من طرفي القضية، تستحق المديح على محاولتها الجريئة للوصول إلى، والمحافظة على، حل وسط). وبدلا من ذلك، شدَّد العلماء على مزايا البحث العلمي وعبروا عن أملهم في أن تؤدي الأبحاث التالية إلى إظهار المزيد من الحقائق المتعلقة بالكون.

الكواكب الجديدة

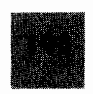
للمصادفة السعيدة، فإن عام ١٩٩٦ لم يحمل لنا فقط أخبارا عن احتمال وجود حياة على المريخ، بل عن وجود عدد كبير من النجوم التي تدور في فلك النجوم القريبة من الشمس. ومع استخدام أجهزة متقدمة للكشف وأنظمة متطورة للكمبيوتر، اكتشف الفلكيون في أوروبا والولايات المتحدة أول الكواكب المُثْبَتَة التي تدور حول نجوم شبيهة بالشمس، ليس من خلال مراقبة الكواكب نفسها، بل عن طريق اكتشاف التأثيرات التي تسببها قوى جاذبية هذه الكواكب على النجوم التابعة لها. إن أول كوكب خارج شمسي extrasolar، والذي يدور حول النجم 51 بيجاسي Pegasi 51، قد اكتشف بهذه الطريقة في أكتوبر ١٩٩٥. وبعد ذلك بسنة، ارتفع عدد الكواكب التي اكتشفت حول نجوم أخرى ليصل إلى ثمانية، مع وجود إشارات مؤكدة على ارتفاع العدد خلال بضع سنين. وبعد عقود من المحاولات الفاشلة للعثور على كواكب صغيرة من الناحية الفلكية تقع قريبا من النجوم، انهار السد فجأة؛ فقد أظهرت الملاحظة بصورة مُقنِعة أن قسما كبيرا من النجوم الشبيهة بالشمس لها كواكب تابعة، وهي حقيقة شك فيها الفلكيون منذ فترة طويلة، لكنهم كانوا يفتقرون إلى دليل لإثباتها.

إن محصلة الكواكب التي تدور حول النجوم الشبيهة بالشمس، بالإضافة إلى المؤشرات الدالة على وجود حياة قديمة في الحجر المريخي، يبدو أنها وجهت إلى الكون المتمركز حول الأرض ضربة إثباتية قاتلة. وعلى أي حال، فكما لاحظنا في الفصول السابقة، تظل جميع البراهين خاضعة للتفسير. فإذا أردنا ذلك، يمكننا اعتبار الاعتقاد أن الأرض هي أعلى من أي عالم آخر في عين الله، دليلا على الروح البشرية، وهي نفسها نتاج فعل القوى الإلهية التي خلقت الكون وعوالمه. لكن الموقف العلمي لا يمكنه الامتناع عن طرح أسئلة يمكن أن يجيب عنها اللاهوتيون بقولهم إنك تطرح السؤال الخطأ.

هل توجد حياة لا أرضية في جميع أرجاء الكون؟

من بين نتائج اكتشاف كواكب جديدة واحتمال وجود حياة على المريخ، هناك واحدة تبدو مذهلة على نحو خاص: وهي أن احتمالية وجود حياة لا أرضية قد زادت، ليس واقعياً، فعلى هذا الصعيد بقي الوضع كما كان قبل تلك الاكتشافات الجديدة، ولكن في تقديراتنا للاحتمالات. وقبل حلول أواخر عام ١٩٩٥، شعر الفلكيون بالثقة في أن النجوم الشبيهة بالشمس يجب أن يكون لها كواكب تابعة، إذ إنه ليس هناك ما يميز شمسنا عن الآلاف من النجوم شبه المتطابقة معها والموجودة في مجرة درب اللبانة. ومن ناحية أخرى، فلم يتمكن أحد من اكتشاف أي من هذه الكواكب المزعومة، وهي حقيقة يمكن تفسيرها من خلال الصعوبات التقنية المكتنفة، لكن على رغم ذلك كان أمرا مثيرا للقلق. لذلك فقد أدى اكتشاف الكواكب الجديدة إلى إزاحة عبء عقلي ثقيل، مما قرّب الفلكيين خطوة إضافية من التوصل إلى دليل على أن الحياة، وربما الحياة الذكية أيضا، منتشرة في الكون كله.

وبالمثل، نجد أن الأخبار المتعلقة بالمريخ قد أبهجت العلماء الذين يعتقدون أن الظروف الشبيهة بتلك الموجودة على الأرض، لا بد من أن تؤدي، في معظم ـ إن لم يكن في جميع الحالات، إلى إيجاد أشكال أخرى من الحياة التي تسكن العوالم الأخرى غير عالمنا. وعلى رغم أن الحجر النيزكي ALH 84001 لا يحتوي على دليل قاطع على وجود حياة على المريخ، إلا أن هذه الصخرة المريخية القديمة ترجح بالفعل صحة احتمال أن المريخ كان مفعما بالحياة في الماضي. ولو ثبتت صحة ذلك، فسيجري تصديق النظريات التي تنادي بأن الحياة قد ظهرت في كوكب تلو الآخر. ولو أن هناك كوكبين متجاورين في النظام نفسه ولهما تاريخ يدل على وجود الحياة، فإن الحجة القائلة بأن الحياة لا تظهر إلا نادراً، وتحت ظروف بالغة الخصوصية، ستتلاشى سريعا في الهواء. وقد يحاول المرء إحياءها من جديد، بالاستشهاد بنظرية التبزر الشامل panspermia، لكن هذا لن يثبت إلا أنه على رغم أن النشوء الفعلي للحياة قد يكون حدثا نادرا، فإن الحياة تنتشر بسهولة نسبية من مكان إلى آخر في الكون. ويعتبر معظم العلماء ـ بالإضافة إلى غالبية الجمهور ـ أن الأشكال الأخرى للحياة ساحرة تماما حتى لو كانت قد نشأت عن البَزر الكوني cosmic seeding. وسنكون مهتمين،

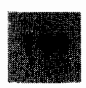


على نحو خاص، بمعرفة ما إذا كانت أشكال الحياة اللاأرضية، بصرف النظر عن كيفية نشوئها، قد بلغت المرحلة نفسها التي وصلت إليها من التطور، أو حتى تجاوزتها.

وعند هذه النقطة، نجد أنفسنا على درجة الجهل نفسها التي كنا عليها قبل اكتشاف الكواكب خارج الشمسية واحتمال وجود الحياة على المريخ. ولو أننا أردنا زيادة تقديراتنا لعدد العوالم التي يمكن ظهور الحياة عليها، وعدد تلك العوالم التي ظهرت عليها الحياة بالفعل، فمن الواضح أن ذلك سيستلزم زيادة مقابلة في تقديراتنا لعدد الأماكن التي ربما ظهر بها في الماضي مجتمع قادر على، ومهتم، بالتواصل عبر المسافات الشاسعة بين النجوم.

من ناحية أخرى، ليس لدينا دليل قوي على وجود مثل هذه المجتمعات؛ فالأدلة المقدمة لإثبات وجود زائرين لا أرضيين للأرض تتكون إما من ذكريات وملاحظات فردية، وإما من أدلة مادية مثل «الوجه المريخي»، التي من السهل رؤية أنها أبعد ما تكون من أن تمثل أدلة مقنعة لمحلفين عاقلين. وعلى رغم أن رواية شاهد العيان مقبولة في أغلب الإجراءات القضائية، فقد يمكن للمرء أن يجادل في أننا عندما نتعامل مع أحداث غريبة، فهذه الروايات قد أثبتت أنها غير جديرة بالثقة إلى درجة لا يمكن معها الاعتماد عليها. وكلما زادت غرابة الحدث المدّعى، قل إمكان الاعتماد على شهود العيان، وهي حقيقة معروفة جيدا لدى علماء النفس، على رغم كونها بغيضة بالنسبة إلى النفس البشرية. ففي فيلم «حساء البط» Duck soup، يسأل شيكو ماركس[11] السيدة الغنية قائلا: «من ستصدقين، أنا أم عينيك؟» وكان على حق في سؤاله هذا، على الأقل في هذا الموقف، وذلك لأنه كان يقول الحقيقة، حيث لم يكن شيكو هو الذي رأته السيدة ولكن هاربو [12]. ومن وجهة النظر العلمية، يمكنك ألا تصدقني ولا أن تصدق عينيك. وحتى يتوافر لدينا دليل مادي ملموس على حدوث تلك الزيارات اللا أرضية - وهو شيء يجب أن يكون أكثر إقناعا بكثير من، على سبيل المثال، حلقات المزروعات[13] التي يمكن للمخادعين صنعها بسهولة - فعلينا أن نرفض النظريات الخيالية لمصلحة تلك الأكثر واقعية.

وبطبيعة الحال، فإن وجهات النظر التي ذكرت أعلاه هي من نسج خيالي بالكامل (ما لم تؤد إلى إزعاج أولئك الذين يؤمنون بوجود مؤامرة لإخفاء المعلومات المتعلقة بالأطباق الطائرة UFOs، ففي هذه الحالة لست على علم



بهوية أصحابها). ومن وجهة النظر العلمية، فإن تقييم احتمال وجود حضارات متطورة في أماكن أخرى من الكون يعتمد على ما كانت تفعله الكواكب الأخرى في السنوات السابقة: فعلى أساس الأعداد الكبيرة من المواقع المحتمل وجود الحياة فيها، يعتقد العلماء أن الحضارات المتقدمة يجب أن تكون موجودة، ولكنهم لا يمتلكون دليلا مقنعا على أنها موجودة بالفعل. وبالإضافة إلى ذلك، فإن عدم وجود أي زائرين خارجيين موثقين إلى الأرض، إضافة إلى الفشل في استقبال أي إشارات لاسلكية من حضارات لا أرضية، يجادل على استحياء ضد وجود حضارات أخرى، على الأقل في ذلك الجزء الذي نعيش فيه من مجرة درب التبانة.

وعلى أي حال، علينا أن نتذكر أن الحقيقة نفسها التي تجادل لمصلحة وجود مواقع كثيرة يحتمل وجود الحياة فيها - الحجوم الهائلة للفضاء في الكون، والتي تحتوي على أعداد لا تحصى من النجوم التي يفترض أنها تضم الكواكب التابعة لها أيضا ـ تجادل أيضا ضد إمكان السفر بين النجوم. فالمسافات الموجودة بين النجوم تزيد بكثير جدا على تلك الموجودة بين كواكب نظامنا الشمسي: إذ إن أقرب النجوم إلى الشمس يبعد عنا مسافة تبلغ مليون ضعف المسافة بين الأرض والمريخ على الأقل. فإذا صنعنا نموذجا لدرب التبانة تكون فيه النجوم بحجم المصابيح الكهربائية العادية، فسيكون لكل ضوء منها مدينة كبيرة خاصة به، بوجود مصباح كهربي واحد في كل من نيويورك، وبوستون، ولندن، وميونيخ، وأثينا، ودلهي. وعلى رغم أننا لا نستطيع التنبؤ بمدى غنى الحضارات الأخرى فيما يتعلق بالطاقة، فإن الحقائق المادية تقترح أن هذه الحضارات ستبدأ محاولاتها للاتصال بأي جيران لها، ليس من خلال رحلات شخصية طويلة بصورة لا تعقل، ولكن عبر الإشارات اللاسلكية. وفي هذه الحالة، يتعين على البشرية أن تحاول زيادة الجهود المتواضعة نسبيا التي تجرى الآن للاستماع، من دون تحقيق أي نجاح حتى الآن، إلى إشارات محتملة من أشكال ذكية من الحياة قد توجد حول النجوم الأخرى.

إن الرحلة من اكتشاف قطعة من الصخر على الجليد إلى البحث عن حضارات أخرى قد تبدو خطوة كبيرة، لكن عندما تكون الصخرة آتية من كوكب آخر، وتكوّنت منذ أربعة بلايين سنة، وربما كانت محتوية على مواد

تكونت بفعل حياة لا أرضية قديمة، تبدو القفزة أقل ضخامة. والزمن وحده هو الذي سيخبرنا بما إذا كنا سنعتبر أن عام ١٩٩٦ هو السنة التي اكتشف فيها أول شكل من أشكال الحياة اللاأرضية، بعد بلايين السنين من وجودها، وبعد ملايين السنين من مغادرة بقاياها لكوكبها الأصلي، وبعد آلاف السنين من سقوط هذه البقايا على الأرض.

ومهما كان كُنه محتوياته الغامضة، فإن الحجر النيزكي ALH 84001، كما آمل، قد زود قرائي برحلة رائعة عبر قصة الحياة الكونية، حتى حدود ما نعرفه الآن. وببعض الحظ، سرعان ما سيحين الوقت الذي لن نكتفي فيه بإدراك ما يمكن للحجر النيزكي المريخي أن يخبرنا به، بل وسنتمكن من فهم نشوء وتطور الحياة في النظام الشمسي. ولا يزال هذا التاريخ في انتظار اكتشافنا له، فإذا تمكنا من صنع الأدوات التي «تتوقع» وجود الحياة، وإرسالها لاستكشاف الأماكن التي يحتمل بصورة معقولة وجود حياة سابقة أو حالية فيها، ومن ثم استخدامها في تحليل مكتشفاتها من خلال الشكوكية المنظمة التي ستسمح لنا بتبين حقيقة الحياة في الكون. شكراً لسفركم معي خلال جزء من الرحلة؛ أما الجزء المتبقي منها فهو مفتوح أمامكم.





الهوامش

(١)

(١) Meteorite؛ الرجم أو الحجر النيزكي؛ شهاب يبلغ سطح الأرض من دون أن يتبدد تبددا كاملا ـ المترجم.

(٢) Decay؛ الاضمحلال: التضاؤل: «أ» تناقص تلقائي في عدد الذرات ذات النشاط الإشعاعي في مادة إشعاعية النشاط. «ب» انحلال الذرة الخ. تلقائياً ـ المترجم.

(٣) Pound؛ الباوند: رطل إنجليزي (حوالى ٣٥٤ جراماً) ـ المترجم.

(٤) National Aeronautics and Space Administration : NASA.

(٥) American Association for the Advancement of Science : AAAS.

(٦) Skepticism: الشكوكية مذهب يقول إن المعرفة الحقيقية، أو المعرفة في حقل معين، غير محققة أو مؤكدة ـ المترجم.

(٧) Carl Sagan: كارل ساجان (١٩٣٤ـ ١٩٩٦)، فلكي ومؤلف ومعلق تلفزيوني أمريكي لعب دورا في تحسين فهمنا لفهم أصول الحياة في جو الأرض في بدايات تكوّنها؛ فقد أظهر كيف أن الأدينوزين أحادي الفوسفات (ATP)، وهو جزيء أساسي لتخزين الطاقة في جميع الكائنات الحية، ربما أنتج من قبل خليط من الجزيئات العضوية الأساسية عند تعرضها للأشعة فوق البنفسجية UV أو موجات تصادمية تحت ضغط عال. وكان يعتقد أن هذه الجزيئات وكذلك مصادر الطاقة لابد وأن تكون موجودة بكميات كبيرة بما يكفي لتحقيق هذه الظاهرة. وقد درس ساجان الملامح السطحية والأجواء الكيميائية لجميع الكواكب الأخرى ـ المترجم.

(٨) peer-review؛ مراجعة الزملاء (التحكيم) هي إخضاع المقالات العلمية لمراجعة وتقييم عدد من المختصين في نفس المجال لتقييم صلاحية المقال للنشر في المجلات العلمية المحكمة وصحة البيانات الواردة فيها ـ المترجم.

(٩) Blank؛ الشاهد ـ مادة غير فعالة تستخدم للمقارنة في المعايرات المعملية ـ المترجم.

(١٠) Control group: الفئة الضابطة ـ مَريض أو فريق يَختلف عن مثيله قيد الدراسة (الفريق المعالَج أو فريق الحالات) من حيث غياب المرض أو غياب نمط المعالجة المستخدم أو اختلافه؛ وعادة ما توجد بينهم أوجها للتشابه ـ مثل السن أو الجنس ـ تسمح بإجراء المقارنة بينها ـ المترجم.

(١١) Tectonic تَكْتونيّ: متعلّق بتشوّه أديم الأرض، والقوى المؤدية إليه، والأشكال الناشئة عن ذلك ـ المترجم.

(١٢) Debris: حُطام؛ كتلة حجارةٍ أو فلذّ صخرية... إلخ. (يخلّفها نهرٌ جليديّ) ـ المترجم.

(١٣) Fossil evidence: الأحفور (والجمع أحافير): بقايا حيوان أو نبات من عصر جيولوجي سالف مستحجرة في أديم الأرض ـ المترجم.

(١٤) Polycyclic aromatic hydrocarbons; PAHs.

(١٥) Metabolism.: الاستقلاب أو الأيْض: مجموع العمليات المتصلة ببناء البروتوبلازما. وبخاصة: التغيرات الكيميائية في الخلايا الحيّة، و التي بها تؤمّن الطاقة الضروريّة للعمليات والنشاطات الحيوية والتى بها تُمثّل الموادّ الجديدة للتعويض عن المندثر منها ـ المترجم.

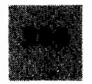
(١٦) Magnetite: أكسيد الحديد الأسود ـ المترجم.

(١٧) Burden of proof: عبء الإثبات: إلزام أحد الفريقين بإقامة الدليل على صحة ادعاء ما، وإلا خسر القضية ـ المترجم.

(١٨) A. C. Dolye: آرثر كونان دويل، طبيب وكاتب بريطاني (١٨٥٩ـ١٩٣٠)، حصل على لقب سير عام ١٩٠٢، ليس تقديرا لمواهبه الأدبية، بل عن خدماته الطبية فى أحد المستشفيات الميدانية بجنوب أفريقيا خلال حرب البوير ـ المترجم.

(١٩) Asteroid ؛ الكُوَيْكب أو السّيَيّر: واحد من آلاف الكواكب السيارة الصغيرة الواقعة بين المريخ والمشتري ـ المترجم.

(٢٠) Halley's comet: المذنب هو نجم ذو ذنب، وقد سمي مذنّب هالي على اسم الفلكي وعالم الرياضيات البريطاني إدموند هالي (١٦٥٦ـ١٧٤٢)، وهو أول من حسب مدار المذنب الذي سمي فيما بعد باسمه. ويشبه المذنب كرة ثلجية كبيرة، ويتكون ٢٥٪ منه من التراب وقطع ضخمة من المواد الصخرية أو المعدنية، بينما يتكون ٧٥٪ منه من الجليد، غالبا في صورة



ماء متجمد، مع مزيج من المركبات التي تحتوي على جذور الميثان، والأمونيا، وثاني أكسيد الكربون، وغيرها. وقد توقع هالي، محقا، أن يعود المذنب الذي أطلق عليه اسمه في العام ١٧٥٨ ـ دون أن يراه فقد مات عام ١٧٤٢ـ والذي تمت ملاحظته في السنوات ١٥٣١، ١٦٠٧، و١٦٨٢ـ المترجم.

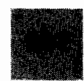
(٢١) Zodiac؛ دائرة البروج؛ في علم الفلك astronomy وعلم التنجيم astrology، تعني دائرة البروج، ذلك الحزام السماوي الذي يمتد مسافة ٩ درجات على كل من جانبي الدائرة الظاهرية لمسير الشمس ecliptic، ويحتوي على ١٢ علامة فلكية (الأبراج). ونظرا إلى أن أغلب الأبراج التي تمر عبرها دائرة مسير الشمس تمثل حيوانات، فقد أطلق عليها الإغريق القدماء اسم Zodiakos kyklos أو «دائرة الحيوانات»، أو ta zodia (الحيوانات الصغيرة)، ومنها اشتقت لفظة zodiac التي تستخدم حتى الآن ـ المترجم.

(٢٢) في الميثولوجيا البابلية، كان نيجرال هو إيرا Irra، إله الأوبئة، والنار، والحرب، والصحراء، وهو ابن الإله شمش Shamash الذي أرسل رياحا قوية لمساعدة جلجامش وإيكندو، وكان اسم مدينته كوثا Cutha، والتي قد يعني اسمها «الموت» ـ المترجم.

(٢٣) Ares؛ آريس؛ في الميثولوجيا الإغريقية، هو إله الحرب، وكانت رفيقته التي لا تفارقه أخته إيريس Eris، وهي إلهة المشاحنة، كما كان يخدمه ابناه ديموس Deimos وفوبوس Phobos، بالإضافة إلى إنيو Enyo، وهي إلهة قديمة للحرب ـ المترجم.

(٢٤) Mars؛ مارس، في الميثولوجيا الرومانية، هو إله الحرب. كان من أبرز الآلهة وأكثرها عبادة. في أوائل التاريخ الروماني، كان مارس إله الربيع وازدهار الطبيعة، والخصوبة، كما كان إلها للأرض أيضا، مما قد يفسر تحوله فيما بعد إلى إله الموت، ومن ثم إله الحرب. وهو ابن جوبيتر Jupiter وجونو Juno، ووالد رومولوس Romulus وريموس Remus، ونظرا لأنه كان والد هذين المؤسسين الأسطوريين لمدينة روما، وبالتالي للشعب الروماني، فقد كان الرومان يطلقون على أنفسهم اسم «أبناء مارس» ـ المترجم.

(٢٥) هما ابنا آريس إله الحرب، ويعني فوبوس Phobos الرعب باليونانية، وقد كان مرافقا لوالده في المعارك، حيث يبث الرعب في قلوب الأعداء، بينما



شقيقه ديموس Deimos؛ ويعني اسمه الخوف باليونانية، كان يرافق أباه في الحروب أيضا ـ المترجم.

(٢٦) Brahmin؛ برهمي: أحد أفراد طبقة الكهنوت العليا عند الهندوس ـ المترجم.

(٢٧) H. G. Wells؛ هربرت جورج ويلز (١٨٦٦ـ١٩٤٦)، روائي ومؤلف إنجليزي، يعتبر من رواد أدب الخيال العلمي، ومن أشهر كتاباته رواية «آلة الزمن» ـ المترجم.

(٢٨) Orson Welles؛ أورسون ولز (١٩١٥ـ١٩٨٥)، ممثل، وكاتب، ومخرج ومنتج سينمائي، وإذاعي أمريكي، يعد فيلمه «المواطن كين» Citizen Kane (١٩٤١)، من أكثر الأفلام تأثيرا في تاريخ السينما العالمية ـ المترجم.

(٢)

(١) Cosmologist: العالم بالكوزمولوجيا، وهو علم الكونيات: علم يبحث في أصل الكون وبنيته العامة وعناصره ونواميسه ـ المترجم.

(٢) Serendipitous: اتفاقي أو مكتشف مصادفة، والأصل من السّرنديبية serendipity: وهي موهبة اكتشاف الأشياء النفيسة أو السارّة مصادفةً (من أسطورة أمراء سرنديب الثلاثة) ـ المترجم.

(٣) Blitz ؛ بالألمانية تعني البرق، وقد دخل هذا الاصطلاح إلى اللغة الإنجليزية عندما غزت قوات ألمانيا النازية أوروبا بسرعة خاطفة في العام ١٩٣٩، فيما عرف باسم الحرب الخاطفة، أو حرفيا «حرب البرق» Blitzkrieg ـ المترجم.

(٤) Apocryphal: أبوكريفاويّ: (١) ذو علاقة بالأبوكريفا، apocrypha: أربعة عشر سِفْراً تلحق أحياناً بـ «العهد القديم» من الكتاب المقدّس، ولكن البروتستانت لا يعترفون بصحتها. (٢) كتابات مشكوك في صحتها أو في صحة نسبتها إلى مَن تُعْزَى إليهم من المؤلفين ـ المترجم.

(٥) Yankees: اليانكيّ: «أ» أحد أبناء نيو إنجلند بالولايات المتحدة الأمريكية. «ب» أحد أبناء ولاية من ولايات الشمال الأمريكية. «ج» الأمريكيّ: أحد أبناء الولايات المتحدة الأمريكيّة ـ المترجم.

(٦) Quadrantid: ترجع أول ملاحظة مسجلة للربعيات إلى صباح الثاني من يناير ١٨٢٥، من قبل الفلكي الإيطالي أنتونيو بروكالاسي Brucalassi، وجرت ملاحظات أخرى في الثاني من يناير عامي ١٨٣٠ و١٨٣٨ من قبل الفلكيين السويسريين لويس فارتمان وم. راينييه على الترتيب. وقد سمي هذا الوابل النيزكي باسم الربيعي لأنه يشع من برج (كوكبة) بائد حاليا كان يسمى الربعية الجدارية Quadrans Muralis والذي يوجد في بعض الأطالس الفلكية المطبوعة في القرن التاسع عشر، بقرب نقطة التقاء كوكبة الجاثي (الراقص) Hercules، وكوكبة العوّاء (راعي الشاء Boötes)، وكوكبة التنين (Draco) ـ المترجم.

(٧) Perseid: يعد الفرساوي أشهر الوابلات النيزكية على الإطلاق، ونظرا لظهوره في فصل الصيف، فهو يمثل غالبية الشهب التي يشاهدها الهواة من غير المتخصصين في علم الفلك، ويعود أول التقارير الذي يشير إليه إلى الكتابات الصينية عام ٣٦ للميلاد، كما أشارت إليه مراجع كثيرة في السجلات الصينية واليابانية والكورية خلال القرون ٨ ـ ١١ للميلاد، غير أن عددا قليلا من المراجع يشير إليه خلال القرون ١٢ ـ ١٩ للميلاد. ويرجع الفضل في اكتشاف ظهور هذا الشهاب سنويا إلى الفلكي البلجيكي كيتيليه Quételet الذي ذكر في عام ١٨٣٥ وجود وابل نيزكي يحدث في شهر أغسطس من كل عام ويشع من كوكبة الجبار (فرساوس Perseus) ومن هنا أشتق الاسم ـ المترجم.

(٨) Leonid: يعد الأسيد من أكبر الوابلات النيزكية، ويشع من برج الأسد (Leo) ومن هنا اشتق الاسم، ويمكن أن ترى الشهب من هذا الوابل خلال فترة يومين حول السابع عشر من نوفمبر تقريبا. ويرجع أول التقارير عنه إلى القرن العاشر الميلادي ـ المترجم.

(٩) Peary: روبرت إدوين بيري (١٨٥٦ـ١٩٢٠)، مستكشف أمريكي قاد أول حملة للوصول إلى القطب الشمالي، وكذلك قاد عددا من الحملات المبكرة إلى جرينلاند. كانت ملاحظاته وكتاباته ذات أهمية عملية كبرى في دراسة المناطق القطبية ـ المترجم.

(١٠) Bungalow: البَنْغَل: بيت من طابق واحد (وخاصة في الريف أو على شاطئ البحر) ـ المترجم.

(١١) Shrew-like: الزَّبَابَة: حيوان من آكلات الحشرات يشبه الفأر ـ المترجم.

(١٢) Paleobiology: علم الأحياء القديمة ـ المترجم.

(١٣) Weathering: التَّجْوية: أثر العوامل الجوية في لون الأشياء المعرّضة لها أو في تركيبها أو شكلها، وخاصة: تحلّل التربة والصخور الطبيعيّ والكيميائيّ ـ المترجم.

(١٤) Nunataks: قمة مَثْلَجية : قمة جبل ميحادي تبرز في غطاء جليدي ـ المترجم.

(١٥) Topographical: متعلق بالطوبوغرافيا: «أ» الوصف أو الرسم الدقيق للأماكن أو لِسماتها السطحية. «ب» السّمات السطحية لموضع أو إقليم (وتشمل الهضاب والأودية والبحيرات والأنهار والطرق والجسور... إلخ) ـ المترجم.

(١٦) Astrophysics : الفيزياء الفَلَكية: فرع من علم الفلَك يدرس الخصائص والظواهر الفيزيائية للأجرام السماوية ـ المترجم.

(١٧) Gestalt: الجشْتالت: بِنْية أو صورة من الظواهر الطبيعية أو البيولوجية أو السيكولوجية متكاملةٌ بحيث تؤلف وحدة وظيفية ذات خصائص لا يمكن استمدادها من أجزائها بمجرّد ضمّ بعضها إلى بعض، واللفظة ألمانية بمعنى شكل أو صورة ـ المترجم.

(١٨) Argon: الأرْجون: عنصرٌ غازيّ عديم الرائحة واللون يوجد في الهواء وفي الغازات البركانية ويستعمل بخاصة لملء المصابيح الكهربائية والأنابيب الإلكترونية ـ المترجم.

(١٩) Rosetta Stone : حجر رشيد: حجر اكتُشِف عام ١٧٩٩ في رشيد بمصر يحمل نقوشاً متوازية باليونانية والهيروغليفية المصرية ممّا ساعد على حلّ رموز هذه الأخيرة على يدي المؤرخ واللغوي وعالم المصريات الفرنسي شامبليون (١٧٩٠ـ١٨٣٢) ـ المترجم.

(٢٠) Smithsonian Institution: مؤسسة علمية تضم أكبر مجمع للمتاحف في العالم، يضم ١٦ متحفا ومعرضا للفنون، بالإضافة إلى حديقة حيوان ومرصد فلكي ومختبرات علمية، وقد أنشئت المؤسسة عام ١٨٤٦ بتمويل من العالم البريطاني جيمس سميثسون Smithson (١٧٦٥ ـ ١٨٢٩)، ويدير المؤسسة مجلس للأوصياء يضم نائب الرئيس الأمريكي، وكبير القضاة، وثلاثة من أعضاء مجلس الشيوخ، وثلاثة ممثلين، وستة ممثلين غير حكوميين ـ المترجم.

(٣)

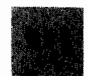
(١) Microscopy: الاستجهار أو الإجهارية؛ استعمال المجهر أو البحث بواسطته ـ المترجم.

(٢) Exxon : واحدة من أكبر الشركات النفطية في العالم، ويقع مقرها الرئيسي بمدينة إرفينج في ولاية تكساس الأمريكية ـ المترجم.

(٣) Manned Spaceflight Center

(٤) في شهر مايو ١٩٦١، أعلن الرئيس الأمريكي جون كنيدي (١٩١٧ـ١٩٦٣) أن الولايات المتحدة سترسل مركبة فضائية على متنها رواد فضاء إلى القمر قبل مضي عشر سنوات، وأطلق على هذا البرنامج اسم «أبوللو». كان من المقرر أن تنطلق أولى رحلات أبوللو التي تحمل على متنها رواد فضاء في فبراير ١٩٦٧، لكن الرحلة أُجلت بسبب حريق شب في أثناء التدريبات، وفقد ثلاثة رواد فضاء حياتهم في الحادث. وفي نوفمبر ١٩٦٧، أطلقت مركبة فضائية من طراز أبوللو دون رواد ، وكذلك نجحت رحلتان أخريان من دون رواد فضاء، حتى انطلقت أبوللو ٧ في ١٩٦٨/١٠/١١ في رحلة اختبارية وعلى متنها ثلاثة رواد فضاء. وفي ديسمبر ١٩٦٨، أطلقت أبوللو ٨ ودارت حول القمر قبل أن تعود إلى الأرض بسلام. كانت أولى المركبات الفضائية الأمريكية التي تنجح في الهبوط على القمر هي أبوللو ١١، والتي أطلقت يوم ١٩٦٩/٧/١٦، وعلى متنها ثلاثة رواد فضاء، وكذلك نجحت أبوللو ١٢ (انطلقت فى ١٩٦٩/١١/١٤) في الوصول إلى القمر، أما أبوللو ١٣ فقد فشلت في الوصول إلى القمر بسبب عطل فني، وعادت إلى مدارها الأرضي، حيث فقد روادها الثلاثة في مياه المحيط الهادي على مقربة من مكان الهبوط المقرر، وقد وصلت المركبات أبوللو ١٤ و١٥ و١٦ و١٧ إلى القمر، وكانت المركبة أبوللو ١٧ (أطلقت فى ١٩٧٢/١٢/٧) هي آخر رحلة فضائية أمريكية إلى القمر، وجلبت ١١٦ كيلوجراما من الصخور المريخية لدراستها ـ المترجم.

(٥) Micrometeorite: النيزك الدقيق: شهابٌ صغير إلى درجة تمكّنه من أن يخترق جوّ الأرض من غير أن يصبح متّقد الحرارة ـ المترجم.



(٦) Electron microscope: في عام ١٩٢٤ اقترح الفيزيائي الفرنسي لويس دي بورجيل de Borgile أن الحزم الشعاعية للإلكترونات يمكن اعتبارها ضربا من الحركة الموجية، مثل الضوء. وبالإضافة إلى ذلك، فقد استنبط أن الطول الموجي الفعلي لهذه الحزم الشعاعية يجب أن يكون أقصر بكثير من مثيله في شعاع الضوء. جرى بناء أول مجهر إلكتروني تجاري في ثلاثينيات القرن العشرين، وقد سمي بهذا الاسم لأنه يوجه حزمة من الإلكترونات وليس شعاعا من الضوء إلى العينة. وتُصنَع حزمة الأشعة الإلكترونية بواسطة سلك من التنجستن tungsten داخل مدفع للإلكترونات. وبعد ذلك، يرتحل شعاع الإلكترونات هذا بطول اسطوانة المجهر، والتي تضم العدسات، وغرفة العينة، ونظام تسجيل الصور. ويلزم لعمل المجهر الإلكتروني أن يمر شعاع الإلكترونات في الخواء vacuum، حيث لا يمكن للإلكترونات الانتقال إلى مسافات طويلة في الهواء تحت الضغط الجوي المعتاد، فتُفرَّغ الاسطوانة وغرفة العينة من الهواء بواسطة مضخات خاصة. ولذلك فلا يمكن فحص العينات الحية تحت المجهر الإلكتروني، حيث لا يمكنها أن تعيش في الخواء - المترجم.

(٧) Scanning Electron Microscope: SEM: يظهر المجهر الإلكتروني الماسح التركيب السطحي أو الطبوغرافي للأجسام بصورة مباشرة. ومثله مثل المجهر الإلكتروني المروقي، فهو مزود بمدفع للإلكترونات، ومكثفات وعدسة شيئية. وفي هذا المجهر، فإن شعاع الإلكترونات المركزة و البالغ الضيق - الذي ينطلق من مدفع الإلكترونات - يتحرك فوق، أو يمسح، العينة. وينبعث نوعان من الإلكترونات - المتناثرة والثانوية - عن سطح العينة. ولكل نوع كاشفه detector الخاص؛ فالإلكترونات المتناثرة تتحرك في خطوط مستقيمة، بينما تتحرك الإلكترونات الثانوية في طرق متعرجة. ويتيح انبعاث الإلكترونات الثانوية الحصول على صور إلكترونية فائقة التفاصيل - المترجم.

(٨) Transmission Electron Microscope: TEM: يستخدم المجهر الإلكتروني المروقي في فحص رقائق رفيعة من العينة، ويتكون من مدفع للإلكترونات ونظام مكثِّف للعدسات، يقوم بصنع وتركيز شعاع من الإلكترونات. تمر الإلكترونات عبر العدسة الشيئية قبل أن تصل إلى العينة الموجودة على

منصة متحركة. وتقوم عدسات أخرى بتركيز الإلكترونات التي تمر (تمرق) عبر العينة لتشكل صورة إلكترونية. ويقوم جهاز تسجيل الصور بتحويل الصورة الإلكترونية إلى شكل يمكن إدراكه بالعين البشرية - المترجم.

(٩) Oreo cookie كعكة دائرية من الشكولاته عليها رسوم بارزة، وتلتصق كل اثنتان منها بحشوة من الحلوى - المترجم.

(١٠) Magnetotactic bacteria: اكتُشِفت بكتيريا الانتحاء المغناطيسي للمرة الأولى عام ١٩٧٥ على يدي ريتشارد بلاكمور Blakemore، وقد عزلها من مستنقع يوجد في مياهه مدروج أكسجيني قوي. وتستخدم هذه البكتيريا سلسلة من جسيمات الفريت (ferrite)- وهو مركب حديدي - لتصطف سلبيا وفقا للمجال المغناطيسي. وفي نصف الكرة الأرضية الشمالي، توجه نفسها صوب القطب الشمالي، والعكس صحيح. وهذه البكتيريا تحتاج إلى كميات ضئيلة من الأكسجين. وتتكون الأجسام المغناطيسية magnetosomes للبكتيريا من الفريت والجريجيت، وتتكون سلاسلها من ١٠ - ٢٠ جسيما كرويا صغيرا، ويبلغ قطرها ٥ نانومترات تقريبا - المترجم.

(١١) Doubting Thomas: توما: الكثير الشكوك، الشاكّ في كلّ شيء - المترجم.

(١٢) Masterpiece: القطعة الممتازة: الأصل: نموذج من عمل يُقدّم إلى نقابة للصنّاع (في القرون الوسطى) كدليل على أهلية الصانع لرتبة «معلّم في الصنعة»، الرائعة، التحفة، الطّرفة: أثر عقلي أو فنّيي من الطراز الأعلى - المترجم.

(١٣) Permanent-magnets: المغناطيس الدائم هو مادة عند وضعها في مجال مغناطيسي قوي لن تظهر مجالا مغناطيسيا خاصا بها فحسب، بل تظهر نشاطا مغناطيسيا بمجرد إزالتها من المجال المغناطيسي الأصلي. ويتيح هذا المجال للمغناطيس ممارسة القوة (القدرة على الجذب أو الطرد) على المواد المغناطيسية الأخرى. ويكون المجال المغناطيسي الجديد مستمرا من دون أن يضعف، بشرط عدم تغير البيئة الموجودة فيها المادة المغناطيسية (مثل الحرارة أو وجودها في مجال مزيل للمغنطة... إلخ) - المترجم.

(١٤) hydrothermal: مـاحارّيّ: متعلّق بالمياه الحارة، وبخاصة من حيث أثرها في تكوين المعادن - المترجم.

(١٥) Anaerobic: لا هوائي: قادرٌ على الحياة من غير حاجة إلى أكسجين - المترجم.

(١٦) California Institute for Technology: CIT.

(١٧) Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation: LASER: تضخيم الضوء بانبعاث الإشعاع المنبَّه ـ المترجم.

(١٨) Laser ionization mass spectrometry.

(١٩) Sabbatical: الأصل؛ (sabbatical year) السنّة السّبْتِيّة: هي سنة راحة للأرض (عند قدماء اليهود) كلّ سابع سنة. والمقصود هنا أنها إجازة تُمنَح عادَةً (لأستاذ في جامعة... إلخ). كلّ سابع سنة، للراحة أو الرحلة أو البحث (وتدعى أيضاً sabbatical leave) ـ المترجم.

(٢٠) Interplanetary dust particles.

(٢١) Control samples: العينات الضابطة أو الشاهدة: عينات تستخدم في تجربة تُجْرَى للتأكّد من صحة نتائج اختبارات أخرى ـ المترجم.

(٢٢) Mickey, Minnie & Goofy: من شخصيات الرسوم المتحركة الشهيرة التي ابتكرها والت ديزني ـ المترجم.

(٢٣) Microsecond: جزء من ألف من الثانية ـ المترجم.

(٢٤) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; PAHs.

(٢٥) Friedrich Kekulé: كيميائي ألماني (١٨٢٩ ـ ١٨٩٦)، أسهم بدور كبير في وضع النظرية البنيوية الحديثة للكيمياء العضوية ـ المترجم.

(٢٦) Segmund Freud: طبيب أمراض نفسية وعصبية نمساوي (١٨٣٦ ـ ١٩٣٩)، يُعد مؤسس طريقة التحليل النفسي psychoanalysis ـ المترجم.

(٢٧) National Academy of Sciences.

(٢٨) Michelson-Morley experiment: تجربة ميشيلسون ومورلي؛ محاولة لاكتشاف سرعة الأرض مقارنة بالأثير المضيء luminiferous ether، وهو وسط نظري في الفضاء يفترض أن يحمل الموجات الضوئية. أجريت التجربة للمرة الأولى في برلين عام ١٨٨١ على يدي ميشيلسون، ثم نُقِحت عام ١٨٨٧ على يدي ميشيلسون ومورلي في الولايات المتحدة. ويعتمد الإجراء على استخدام مدخال (مقياس التداخل) ميشيلسون Michelson's interferometer، وهو أداة تستخدم ظواهر التداخل الضوئي لتحديد طول الموجة ومَعامِل الانكسار... إلخ ـ المترجم.

(٤)

(١) Re-direct examination: إعادة الاستجواب المباشر أو الافتتاحي، وهو استجواب الشخص أولا من قبل الشخص الذي استشهد به، وخصوصا فيما يتعلق بأمور أثيرت عند إعادة استجواب الشهود ـ المترجم.

(٢) Re-cross examination: إعادة مناقشة الشهود أو استجوابهم من قبل خصم الفريق الذي استشهد بهم في الدعوى، وخصوصا فيما يتعلق بأمور ظهرت في أثناء إعادة الاستجواب المباشر ـ المترجم.

(٣) Rebuttal: النقض، أو الرد، أو التفنيد؛ وهو إثبات كذب أقوال الشاهد فيما يتعلق بواقعة ما ـ المترجم.

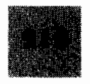
(٤) Deoxyribonucleic acid; DNA؛ الدنا؛ الحمض النووي المنقوص الأكسجين؛ يوجد في نواة الخلية. اكتشف الدنا لأول مرة عام ١٨٦٩، لكن دوره في التوريث الجيني لم يكتشف إلا في عام ١٩٤٣. وفي عام ١٩٥٣، وصف كل من واطسون وكريك تركيب الحلزون المزدوج للدنا. وفي داخل الخلية، ينتظم الدنا في مركبات كثيفة من البروتينـالدنا تسمى الكروموسومات، وهي التي تحمل الشفرة الوراثية للكائن الحي، وتتكون من متتابعات من أربعة أحماض أمينية هي الأدينين A والثيمين T والجوانين G والسيتوزين C ـ المترجم.

(٥) Electron microphotographs.

(٦) Quarantine: الحجر الصحي (أصل الكلمة من اللاتينية quadraginta بمعنى أربعين)؛ وهي فترة احتجاز للبواخر القادمة من مناطق ينتشر فيها مرض معد وكذلك ركابها، وكانت الفترة الأصلية للحجر هي ٤٠ يوما، ومن هنا جاءت التسمية ـ المترجم.

(٧) Morphological: مورفولوجي، تشكلي؛ ذو علاقة بالمورفولوجيا (morphology) أو علم التشكّل ـ وهي فرع من علم الأحياء يبحث في شكل الحيوانات والنباتات وبنْيَتِها ـ المترجم.

(٨) المصدر؛ معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية الجديد. وقد أوردت الترجمة المطولة أول مرة للتوضيح، لكني سأستخدم اللفظ الأجنبي المعرَّب «ستروماتوليت» فيما بعد للتيسير، لذا لزمت الإشارة ـ المترجم.



(٩) Ribonucleic Acid; RNA: الرنا؛ الحمض النووي الريبي - المترجم.

(١٠) Precambrian: ما قبل العصر الكَمْبَرِيّ: وهو أقدم أزمان الدهر القديم - المترجم.

(١١) Mitochondria: تسمى المتقدرات بمحطة توليد القوى الخاصة بالخلية، فهي المسؤولة عن أغلب عمليات التنفس وإنتاج الطاقة بالخلية، ولها الدنا DNA الخاص بها، والمستقل عن ذلك الذي يكون الكروموسومات في نواة الخلية، وهي مغلفة بغشاءين، وتحتوي الخلية العادية على مئات من المتقدرات في المتوسط . وتحتوي كل من البويضة والحيوان المنوي على متقدرات، ولكن خلال التلقيح في الإنسان وأغلب الأنواع الحيوانية الأخرى، لا تدمج المتقدرات من البويضة والحيوان المنوي، وبالتالي تنتقل الجينات التي تحتوي عليها المتقدرات من ناحية الأم فقط - المترجم.

(١٢) Epoxy: الإيبكوكسيات هي إثيرات متعددة مكونة من مواحيد monomers تتخذ فيها مجموعة الإثير شكل حلقة ثلاثية تسمى حلقة الإيبوكسيد. ويعود أصل راتنجات الإيبوكسي epoxy resins إلى أوائل القرن العشرين، حيث حصل مهندسا صناعة البلاستيك الأمريكيان ماكنتوش ووالفورد على براءة اختراع لنوع من بلاستيك الإيبوكسي حصلا عليه من خلال تفاعل كيميائي. وطرحت راتنجات الإيبوكسي تحت الاسم التجاري «أرالديت» في العام ١٩٤٦ بوساطة شركة باير الألمانية، كما طرحت الإيبوكسيات تجاريا في الولايات المتحدة كمواد لاصقة في العام ١٩٤٧ - المترجم.

(١٣) Stoic؛ الرّواقيّ: أحد أتباع المذهب الفلسفي الذي أنشأه زينون حوالى عام ٣٠٠ ق.م. والذي قال بأن الرجل الحكيم يجب أن يتحرر من الانفعال ولا يتأثّر بالفرح أو الترح وأن يخضع من غير تذمّر لحكم الضرورة القاهرة. وتعني أيضا رزين - المترجم.

(١٤) coxiella: جنس بكتيريا من فصيلة الريكتسيات، واشتق اسمها من هيرالد كوكس (ولد عام ١٩٠٧) - وهو البكتريولوجي الأمريكي الذي وصفها لأول مرة. ولا يمكن زرعها في مستنبتات غير حية، ويتسبب أحد أنواعها - وهو الكوكسيلة البورنيتية C. burnetti - في حدوث حمى كيو، وهو مرض يصيب الخراف والماشية من دون أن تظهر عليها أعراض، ولكن يمكن إصابة البشر به عن طريق التلامس مع حيوان أو إنسان مصاب، أو

عن طريق الهواء، وهناك احتمال لاستخدامه سلاحا بيولوجيا، وتبلغ فترة حضانة المرض ٢-٣ أسابيع، وتشمل الأعراض ارتفاعا شديدا في درجة الحرارة، ورعشة، وصداعا نابضا، وعرقا شديدا، مع هلوسة بصرية وسمعية والتهاب رئوي والتهاب كبدي، ويشفى المرض في الغالب من دون علاج لكن العلاج بالمضادات الحيوية يقصر من فترة المرض ويقلل من حدوث المضاعفات، وهناك لقاح واق للمرض لكنه غير متاح للعامة ويقتصر على العسكريين في بعض البلدان ـ المترجم.

(١٥) Metabolism: الاستقلاب أو الأيض هو مجموع التفاعلات الكيميائية التي تحدث داخل كل خلية منفردة من الكائن الحي، والتي توفر الطاقة اللازمة للعمليات الحيوية وتصنيع مواد عضوية جديدة ـ المترجم.

(١٦) Titanium: عنصر فلزي رقمه الذري ٢٢، ووزنه الجزيئي ٤٧,٨٨؛ يتميز بخفة وزنه وقوته العالية وانخفاض معدلات تآكله، ويستخدم كسبيكة تستخدم في صنع بعض أجزاء الطائرات العالية السرعة، اكتشفه الكيميائي الألماني مارتن كلابروث عام ١٧٩٥ وأطلق عليه اسم التيتانيوم ـ المترجم.

(١٧) Straw person: الدّمية القَشّيّة: حجة وهمية تافهة تقدّم لتُدحض بسهولة، أو خصمٌ وهميّ يقدم مثل هذه الحجّة ـ المترجم.

(٥)

(١) nucleotide: النوكليوتيد أو النوويد هو أي من أفراد صنف من المركبات العضوية التي يضم تركيبها الكيميائي وحدة نتروجينية (قاعدة) مرتبطة بأحد السكريات وبمجموعة الفوسفات. وللنوكليوتيدات أهمية كبرى بالنسبة للكائنات الحية، إذ إنها تمثل الوحدات البنائية للأحماض النووية، وهي المواد التي تتحكم في جميع الخصائص الوراثية ـ المترجم.

(٢) Amino acid: الحمض الأميني هو أي فرد من مجموعة من الجزيئات العضوية التي تتكون من مجموعة أمينو قاعدية ($-NH_2$) ومجموعة كربوكسيل حمضية ($-COOH$)، ومجموعة «س» عضوية (أو السلسلة الجانبية) التي تعتبر مميزة لكل حمض أميني. وبرغم وجود أكثر من ١٠٠

حمض أميني في الطبيعة، إلا أن ٢٠ منها فقط هي التي تستخدم في عملية تخليق البروتينات، وهي نفسها الموجودة في جميع الكائنات الحية. وفي الإنسان، لا يستطيع الجسم تصنيع نحو ١٠ من هذه الأحماض الأمينية، ولذلك تسمى بالأحماض الأمينية الضرورية، ويلزم تناولها مع الغذاء ـ المترجم.

(٣) طُبع هذا الكتاب في العام ١٩٩٧؛ وثبتت صحة هذا التوقع، إذ أعلن عام ٢٠٠١ التوصل لفك شفرة معظم الجينوم البشري ـ المترجم.

(٤) Redwood؛ الجبّارة: شجر حَرَجيّ من الفصيلة الصنوبريّة يكثر في ولاية كاليفورنيا الأمريكية ويبلغ طوله في كثير من الأحيان ثلاثمائة قدم ـ المترجم.

(٥) Ribonucleic Acid: RNA.

(٦) Gaul: بلاد الغال؛ وهي المنطقة التي سكنها شعب الغال، والتي تضم فرنسا الحالية وأجزاء من بلجيكا، وغرب ألمانيا، وشمال إيطاليا. ويعد الغال من الأجناس السلتية Celtic، وكانوا يعيشون في مجتمع زراعي مقسم إلى العديد من القبائل التي تحكمها طبقة من النبلاء ـ المترجم.

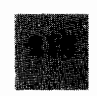
(٧) Caesar، Gaius Julius قيصر، غايوس يوليوس (١٠٠ ـ ٤٤ ق.م)؛ سياسي وقائد عسكري روماني. ديكتاتور روما ما بين عامي ٤٩ و ٤٤ ق.م.، قتل ـ المترجم.

(٨) Red herring: شيء يُراد به صَرْف الانتباه «عن المسألة الحقيقيّة» ـ المترجم.

(٩) Galàpagos Islands: جزر الجالاباجوس، واسمها الرسمي «أرخبيل كولومبوس»، مجموعة جزر في شرق المحيط الهادي، تابعة إداريا لجمهورية الإكوادور، واكتشفت عام ١٥٣٥ على يد أسقف بنما توماس دي برلانجا، وتشتهر هذه الجزر بغرابة الحياة الحيوانية فيها، وتستمد اسمها من سلحفاة الأرض العملاقة التي تعيش فيها (واسمها بالإسبانية Galàpagos)، والتي يعتقد أنها تعيش أطول من أي كائن حي آخر على ظهر الأرض. وقد اشتهرت هذه الجزر عالميا عندما زارها العالم البريطاني داروين في العام ١٨٣٥، وساهمت حيواناتها الغريبة في تكوين نظريته عن الانتخاب الطبيعي ـ المترجم.

(١٠) من اليونانية archaios بمعنى قديم ـ المترجم.

(١١) Bazillion: في العامية الأمريكية، تعني عددا لا محدودا أو لا نهائيا ـ المترجم.



(١٢) Enrico Fermi: إنريكو فيرمي (١٩٠١ـ ١٩٥٤)، فيزيائي أمريكي من أصل إيطالي، طوّر الإحصائيات الرياضية اللازمة لتوضيح قسم كبير من الظواهر دون الذرية subatomic phenomena، واكتشف النشاط الإشعاعي المستحث بالنيوترونات، كما أشرف على أول تفاعل نووي متسلسل مضبوط عام ١٩٤٢. ومنح جائزة نوبل للفيزياء عام ١٩٣٨، كما تمنح جائزة إنريكو فيرمي على شرفه من قبل وزارة الطاقة الأمريكية ـ المترجم.

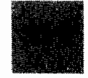
(١٣) Nuclear chain reaction: التفاعل النووي المتسلسل هو سلسلة من الانشطارات النووية (انقسام الأنوية الذرية)، والتي يستهل كل منها بوساطة نيوترون ناتج عن الانشطار السابق، وهو تفاعل ذاتي الاستمرار إذا كانت نسبة عدد النيوترونات الابنة التي تسبب الانشطار إلى عدد النيوترونات الوالدية هي ١ (كما هي الحال في المفاعلات النووية) أو أكثر من ١ (كما يحدث في التفجيرات النووية) ـ المترجم.

(١٤) Handbuch der Organischen Chemie.

(١٥) Spores: أبواغ، ومفردها بوغ؛ وهي خلية تناسلية قادرة على التطور إلى كائن جديد من دون الاندماج بخلية تناسلية أخرى. وهي بذلك تختلف عن الجاميتات gametes، وهي خلايا تناسلية لابد أن تندمج في أزواج لكي تنتج فردا جديدا. والأبواغ عوامل للتكاثر اللاجنسي، بينما الجاميتات هي عوامل التكاثر الجنسي. وتنتج الأبواغ من قبل البكتيريا، والفطريات، والنباتات الخضراء. وتعمل الأبواغ البكتيرية بصورة رئيسية كمرحلة استراحة وهجوع في دورة الحياة البكتيرية، وتفيد في المحافظة على البكتيريا في حالة تعرضها لظروف غير ملائمة. والكثير من الأبواغ البكتيرية عالية التحمل ويمكنها أن تعاود نشاطها بعد سنوات من الهجوع ـ المترجم.

(١٦) Trillion: التريليون: رقم مؤلف من واحد إلى يمينه ٢١ صفرا (في الولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا) أو ١٨ صفراً (في بريطانيا وألمانيا) ـ المترجم.

(١٧) Milky Way: مجرة درب اللبانة، وتسمى أحيانا «المجرة» فقط، هي منظومة حلزونية تتكون من بلايين عديدة من النجوم، والتي تعد الشمس واحدة من بينها. وتستمد اسمها من الطريق اللبنية، وهي شريط مضيء غير منتظم من النجوم والسحب الغازية التي تمتد عبر الفضاء. وعلى رغم أن الأرض تقع داخل المجرة، فإن الفلكيين لا يفهمونها بقدر ما يفهمون بعض منظومات النجوم الخارجية ـ المترجم.



(٦)

(١) Planetesimal. الكُوَيْكِب: أحد الكُوَيكبات وهي أجرام سماوية صغيرة يُظَنّ أنها وُجدت في مرحلة مبكّرة من نشوء النظام الشمسي ـ المترجم.

(٢) Bar: البار هو وحدة قياس الضغط الجوي ـ المترجم.

(٣) Denver: دنفر، عاصمة ولاية كولورادو الأمريكية، وترتفع ١٦٠٩ أمتار فوق سطح البحر ـ المترجم.

(٤) Quito: كويتو، عاصمة جمهورية الإكوادور بأمريكا الوسطى، وترتفع ٢٨٥٠ مترا عن سطح البحر ـ المترجم.

(٥) Mount Whitney: جبل ويتني هو أعلى القمم ارتفاعا عن سطح البحر في الولايات المتحدة الـ ٤٨ القارية، وترتفع ٤٤١٨ مترا عن سطح البحر، وسميت على اسم جوسياه ويتني (١٨١٩ـ ١٨٩٦)، وهو جيولوجي أمريكي اشتهر بدراساته الجيولوجية لولاية كاليفورنيا ـ المترجم.

(٦) Matterhorn: ماترهورن، من أعلى قمم جبال الألب، حيث يبلغ ارتفاعها ٤٤٧٨ مترا، وتقع على الحدود الإيطالية السويسرية ـ المترجم.

(٧) Subsurface ؛ الطبقة التّحْسَطْحِيّة: التربةُ الواقعة فوق التّحْتُرْبَة subsoil مباشرةً ـ المترجم.

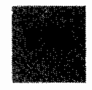
(٨) Permafrost: الجَمَد السرمديّ: طبقة متجلّدة باستمرار على عمق متفاوت تحت سطح الأرض في المناطق القطبية المتجمدة ـ المترجم.

(٩) Siberian Tundra: التّنْدَرة: سهلٌ أجرد في المنطقة القطبية الشماليّة ـ المترجم.

(١٠) في إشارة لوجود الماء ـ المترجم.

(١١) Mariner: مارينر:سلسلة من مسابير الفضاء space probes الأمريكية التي لا تضم رواد فضاء، والتي أطلقت بقرب كواكب الزهرة، والمريخ، وعطارد، ما بين عامي ١٩٦٢ و١٩٧٥ـ المترجم.

(١٢) Orbiter: المركبة المدارية، وقد أطلقت أول الأمر على المركبات المدارية القمرية، وهي سلسلة من خمس مركبات فضائية أمريكية من دون رواد فضاء، والتي وضعت في مدارها حول القمر ما بين عامي ١٩٦٦ و١٩٦٧ـ المترجم.



(١٣) Spectroscope ؛ المطياف، أو منظار التحليل الطيفي.

(١٤) Degradation؛ التدرّك أو الانحلال؛ تفكك مركب كيميائي إلى مركبات أبسط ـ المترجم.

(١٥) Jurassic Park؛ الحديقة الجوراسية أو حديقة الديناصورات، قصة لمايكل كريشتون، تحولت إلى فيلم سينمائي شهير للمخرج الأمريكي ستيفن سبيلبيرج ـ المترجم.

(١٦) Amber؛ الكهرمان، راتنج أصفر متحجر، مشتق من عصارة أشجار الصنوبر القديمة ـ المترجم.

(١٧) Unidentified Flying Objects: UFO؛ الأجسام الطائرة غير المعروفة، أو الأطباق الطائرة ـ المترجم.

(١٨) Dante Alighieri دانتي آليجييري (١٢٥٦-١٣٢١) كبير شعراء إيطاليا. صاحب ملحمة «الكوميديا الإلهية» ـ المترجم.

(١٩) Robotic؛ روبوتي، نسبة إلى الروبوت robot، وهو الإنسان الآلي ـ المترجم.

(٢٠) Gas chromatograph-mass spectrometer

(٢١) requiescat in pace; RIP

(٧)

(١) Mars Pathfinder & Global Surveyor؛ المستكشف المريخي والمساح العالمي، مهمتان مولتهما وكالة «ناسا» بتكلفة منخفضة ـ نسبيا ـ بهدف تطوير التقنيات والإمكانات التي تمكننا من استكشاف سطح المريخ بتكلفة منخفضة، يرجى ملاحظة أنني سأستخدم اللفظتين المعربتين «مارس باثفايندر» و«جلوبال سيرفيور»، لذا لزمت الإشارة ـ المترجم.

(٢) Mars Global Surveyor: MGS؛ جلوبال سيرفيور المريخي، البيانات الخاصة بالرحلة: تاريخ الانطلاق، ١٩٩٦/١١/٧، تاريخ الوصول إلى المريخ: ١٩٩٧/٩/١١، عمليات رسم الخرائط: مارس ١٩٩٩ إلى أبريل ٢٠٠٢، عمليات إرسال البيانات: أبريل ٢٠٠٢ إلى فبراير ٢٠٠٤، الوضع الحالي، يدور حول المريخ ـ المترجم.

(٣) Mars Observer، أي المراقب المريخي.

(٤) Phobos I & Phobos II.

(٥) Professionals' demons

(٦) Paranoia، البارانويا أو جنون العظمة، مرض نفسي ـ المترجم.

(٧) Jet propulsion Laboratory: JPL

(٨) Topography: الطوبوغرافيا: «أ» الوصف أو الرسم الدقيق للأماكن أو لِسماتِها السطحية.«ب» السّمات السطحية لموضع أو إقليم ما (وتشمل الهضاب والأودية والبحيرات والأنهار والطرق والجسور... إلخ) ـ المترجم.

(٩) وصل مارس باثفايندر إلى المريخ بالفعل بتاريخ ٤ يوليو ١٩٩٧، واستمر في مهمته حتى انتهت بنجاح يوم ٢٧ سبتمبر ١٩٩٧، وقد أرسلت خلال مهمتها ٢٫٦ بليون معلومة، منها أكثر من ١٦ألف صورة من المحطة الأرضية، و٥٥٠ صورة من «الجوال» ـ المسمى سوجورنر Sojourner ـ و١٥ تحليلا كيميائيا للصخور المريخية، وبيانات تفصيلية عن الرياح وغيرها من بيانات الطقس ـ المترجم.

(١٠) Floodplain، السهل الفيضي أو الرّقّة: سَهْل معَرّض للانغمار في مياه الفيضان ؛ أو سهل ناشئ عن الأتربة التي تخلفها مياه الفيضان ـ المترجم.

(١١) Ares Vallis؛ وادي آريز؛ آريز هو إله الحرب عند الإغريق، أما vallis، وجمعها valles، فهو واد متعرج على سطح أحد الكواكب ـ المترجم.

(١٢) Sinter ؛ اللبيدة، أو القرارة المتلبدة هي بقايا تبخر مياه الينابيع والبحيرات ـ المترجم.

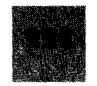
(١٣) Detroit؛ مدينة ديترويت بولاية ميتشيجان، أهم مراكز صناعة السيارات الأمريكية، وفيها مقر شركة جنرال موتورز، وهي أكبر شركات صناعة السيارات الأمريكية ـ المترجم.

(١٤) Yard؛ الياردة هي وحدة لقياس الطول تعادل ٣ أقدام، أو ٣٦ بوصة، أو ٩١٫٤٤ سم ـ المترجم.

(١٥) Mars 96.

(١٦) Baikonur Cosmodrome؛ الميناء الكوني هو موقع إطلاق المركبات الفضائية ـ المترجم.

(١٧) Planet-B؛ كان «الكوكب ـ ب» هو الاسم المحدد للرحلة قبل انطلاقها، وسميت فيما بعد باسم نوزومي Nozomi ـ الأمل باليابانية ـ وقد انطلقت بالفعل يوم ٢٠ ديسمبر ١٩٩٨، وعلى رغم أنه كان مخططا لها أن تصل إلى



المريخ في عام ١٩٩٩، فإن هذا الموعد تأجل أربع سنوات للاقتصاد في الوقود، حيث ثبت بعد انطلاقها أن المركبة المدارية تستهلك وقودا أكثر من المتوقع، ولذلك فقد أُجل موعد وصولها إلى ديسمبر ٢٠٠٣ ـ المترجم.

(١٨) The Martian Chronicles.

(١٩) Disorienting؛ أي المفقدة لحس الاهتداء للزمان والمكان ـ المترجم.

(٢٠) Chlorofluorocarbons; CFCs؛ الكلوروفلوروكربونات هي مركبات كيميائية طورت أولا في عقد الثلاثينيات من القرن العشرين، لكنها انتشرت على نطاق واسع بعد الحرب العالمية الثانية، وخصوصا في صناعة التبريد وبخاخات aerosols العطور، ويعتقد أنها تتسبب في ثقب طبقة الأوزون؛ مما يزيد من حرارة الأرض ـ المترجم.

(٢١) Gross National Product: GNP.

(٢٢) Mount Everest، جبل إيفرست، أعلى جبل في العالم (٨٨٤٨ مترا)، ويقع على الحدود بين نيبال والصين ـ المترجم.

(٢٣) Bertrand Russell، برتراند راسل (١٨٧٢ـ١٩٧٠)، فيلسوف وعالم بريطاني في المنطق، اشتهر بكتاباته عن المنطق الرياضي وبدعوته إلى نزع التسلح، حصل على جائزة نوبل في الآداب عام ١٩٥٠ـ المترجم.

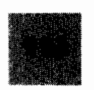
(٨)

(١) Lincoln، Abraham لنكولن، أبراهام (١٨٠٩ـ١٨٦٥)؛ سياسي أمريكي. الرئيس السادس عشر للولايات المتحدة الأمريكية (١٨٦١ـ١٨٦٥). شنّ الحرب على الولايات الجنوبية الثائرة وألغى الاسترقاق ـ المترجم.

(٢) Jefferson Davis.

(٣) Union shop؛ المؤسّسة النقابيّة: «أ» مؤسّسة تحدّد فيها شروط الاستخدام بالتفاهم بين صاحب العمل ونقابة عمالية. «ب» مؤسسة تجعل من الانتساب إلى إحدى نقابات العمال شرطا للاستخدام، ولكنّ في استطاعة صاحبها أن يشغّل عمالا غير نقابيين شرط أن ينتسبوا إلى النقابة بعد مدة معينة (٣٠ يوما عادة) ـ المترجم.

(٤) National Academy of Sciences



(٥) سورة الفاتحة؛ الآية ٢. اخْتَلَفَ أَهْل التَّأْويل فِي « الْعَالَمِينَ» اِخْتِلافًا كَثِيرًا ؛ فَقَالَ قَتَادَةُ : الْعَالَمُونَ جَمْع عَالَم، وَهُوَ كُلّ مَوْجُود سِوَى اللَّه تَعَالَى، وَلا وَاحد لَهُ مِنْ لَفْظه مِثْل رَهْط وَقَوْم. وَقِيلَ : أَهْل كُلّ زَمَان عَالَم، قَالَهُ الْحُسَيْن بْن الْفَضْل، لِقَوْلِهِ تَعَالَى : ﴿أَتَأْتُونَ الذُّكْرَان مِنْ الْعَالَمِينَ﴾ [الشُّعَرَاء: ١٦٥] أَيْ مِنْ النَّاس. وَقَالَ الْعَجَّاج : فَخِنْدِفٌ هَامَة هَذَا الْعَالَم وَقَالَ جَرِير بْن الْخَطَفِيّ : تُنَصِّفهُ الْبَرِيَّة وَهُوَ سَام وَيُضْحِي الْعَالَمُونَ لَهُ عِيَالا وَقَالَ اِبْن عَبَّاس : الْعَالَمُونَ الْجِنّ وَالإِنْس ; دَلِيله قَوْله تَعَالَى : ﴿لِيَكُونَ لِلْعَالَمِينَ نَذِيرًا﴾[الْفُرْقَان]: ١ (وَلَمْ يَكُنْ نَذِيرًا لِلْبَهَائِم. وَقَالَ الْفَرَّاء وَأَبُو عُبَيْدَة : الْعَالَم عِبَارَة عَمَّنْ يَعْقِل ; وَهُمْ أَرْبَعَة أُمَم : الإِنْس وَالْجِنّ وَالْمَلائِكَة وَالشَّيَاطِين. وَلا يُقَال لِلْبَهَائِمِ : عَالَم، لأَنَّ هَذَا الْجَمْع إِنَّمَا هُوَ جَمْع مَنْ يَعْقِل خَاصَّة. قَالَ الأَعْشَى : مَا إِنْ سَمِعْت بِمِثْلِهِمْ فِي الْعَالَمِينَا، وَقَالَ زَيْد بْن أَسْلَمَ: هُمْ الْمُرْتَزِقُونَ ; وَنَحْوه قَوْل أَبِي عَمْرو بْن الْعَلاء : هُمْ الرُّوحَانِيُّونَ. وَهُوَ مَعْنَى قَوْل اِبْن عَبَّاس أَيْضًا : كُلّ ذِي رُوح دَبَّ عَلَى وَجْه الأَرْض. وَقَالَ وَهْب بْن مُنَبِّه : إِنَّ لِلَّهِ عَزَّ وَجَلَّ ثَمَانِيَة عَشَر أَلْف عَالَم ; الدُّنْيَا عَالَم مِنْهَا. وَقَالَ أَبُو سَعِيد الْخُدْرِيّ : إِنَّ لِلَّهِ أَرْبَعِينَ أَلْف عَالَم ; الدُّنْيَا مِنْ شَرْقهَا إِلَى غَربهَا عَالَم وَاحد. وَقَالَ مُقَاتِل : الْعَالَمُونَ ثَمَانُونَ أَلْف عَالَم، أَرْبَعُونَ أَلْف عَالَم فِي الْبَرّ، وَأَرْبَعُونَ أَلْف عَالَم فِي الْبَحْر. وَرَوَى الرَّبِيع بْن أَنَس عَنْ أَبِي الْعَالِيَة قَالَ : الْجِنّ عَالَم، والإنس عَالَم ; وَسِوَى ذَلِكَ للأَرض أَرْبَع زَوَايَا فِي كُلّ زَاوِيَة أَلْف وَخَمْسمِائَة عَالَم، خَلَقَهُمْ لِعِبَادَته.

وَالْقَوْل الأَوَّل أَصَحّ هَذِهِ الأَقوال ; لأَنَّه شَامِل لِكُلِّ مَخْلُوق وَمَوْجُود ; دَلِيله قَوْله تَعَالَى : ﴿قَالَ فِرْعَوْن وَمَا رَبّ الْعَالَمِينَ قَالَ رَبّ السموات والأرض وَمَا بَيْنهمَا﴾[الشُّعَرَاء : ٢٣] ثُمَّ هُوَ مَأْخُوذ مِنْ الْعِلْم وَالْعَلامَة ; لانَّهُ يَدُلّ عَلَى مُوجده. كَذَا قَالَ الزَّجَّاج قَالَ : الْعَالَم كُلّ مَا خَلَقَهُ اللَّه فِي الدُّنْيَا والآخرة. وَقَالَ الْخَلِيل : الْعِلْم وَالْعَلامَة وَالْمَعْلَم : مَا دَلّ عَلَى الشَّيْء ; فَالْعَالم دَالٌّ عَلَى أَنَّ لَهُ خَالِقًا ومدبرًا، وَهَذَا وَاضِح. وَقَدْ ذُكِرَ أَنَّ رَجُلا قَالَ بَيْن يَدَيْ الْجُنَيْد : الْحَمْد لِلَّهِ ; فَقَالَ لَهُ : أَتِمّهَا كَمَا قَالَ اللَّه، قُلْ رَبّ الْعَالَمِينَ ; فَقَالَ الرَّجُل : وَمَنْ «الْعَالَمِينَ» حَتَّى تُذْكَر مَعَ الْحَقّ ؟ قَالَ : قُلْ يَا أَخِي، فَإِنَّ الْمُحْدَث إِذَا قُرِنَ مَعَ الْقَدِيم لا يَبْقَى لَهُ أَثَر. يَجُوز الرَّفْع وَالنَّصْب فِي «رَبّ» فَالنَّصب عَلَى الْمَدْح، وَالرَّفْع عَلَى الْقَطْع ; أَيْ هُوَ رَبّ الْعَالَمِينَ (من تفسير ابن كثير) ـ المترجم.

(٦) ﴿ويخلق ما لا تعلمون﴾، سورة النحل، الآية رقم ٨ ـ المترجم.

(٧) Bible، الكتاب المقدس للديانتين اليهودية والمسيحية، ويضم العهدين القديم (التوراة)، والجديد (الإنجيل) ـ المترجم.

(٨) Protestant، البروتستانتيّ: عضو في إحدى الكنائس البروتستانتيّة كالإنجيلية والمعمدانيّة والمَشْيَخيّة ـ المترجم.

(٩) محكمة التفتيش: محكمة كاثوليكية (نشطت خاصة في القرنين ١٥ و ١٦) مهمتّها اكتشاف الهرطقة ومعاقبة الهراطقة ـ المترجم.

(١٠) Theocracy، الثيوقراطيّة: «أ» حكومة دينية، حكومة الكهنة. «ب» دولة خاضعة لحكم رجال الدين ـ المترجم.

(١١) Chico Marx؛ شيكو ماركس، واسمه الأصلي ليونارد (١٨٨٦ـ١٩٦١)، واحد من الإخوة ماركس، وهم فرقة كوميدية أمريكية اشتهرت في ثلاثينيات القرن العشرين، وقد أنتج فيلم «حساء البط» عام ١٩٣٣ـ المترجم.

(١٢) Harpo Marx، هاربو ماركس، واسمه الأصلي أدولف (١٨٨٨ـ١٩٦٤)، شقيق شيكو وزميله في الفرقة ـ المترجم.

(١٣) Crop circles، حلقات المزروعات، وهي حلقات ضخمة يمكن رؤيتها بالطائرة فوق حقول القمح مثلا، وتبدو كأن آلة هائلة للحصاد قد صنعتها، ويعتبرها البعض من أفعال كائنات لا أرضية ـ المترجم.



ببليوجرافيا

Angel, Roger, and Woolf, Neville. "Searching for Life on Other Planets." Scientific American, April 1996.

.Davies, Paul. Are We Alone? New York: Basic Books, 1995.

DeDuve, Christian. Vital Dust: Life as a Cosmic Imperative. New York: Basic Books, 1994.

Goldsmith, Donald. Worlds Unnumbered: The Search for Extrasolar Planets. Mill Valley, CA: University Science Books, 1997.

Goldsmith, Donald (ed.). The Quest for Extraterrestrial Life. Mill Valley, CA: University Science Books, 1980.

Goldsmith, Donald, and Owen, Tobias. The Search for Life in the Universe (2d ed.). Reading, XM: Addison-Wesley, 1992.

Kargel, Jeffrey, and Strom, Robert. "Global Climatic Change on Mars." Scientific American, November 1996.

Klass, Philip. UFO Abductions: A Dangerous Game. Buffalo: Prometheus Books, 1989.

"Life in the Universe." Special issue of Scientific American, September 1994.

McKay, David, et al. "Search for Past Life for Mars: Possible Relic Biogenic Activity in Martian Meteorite ALH 84001." Science 273, 924, 16 .August 1996

Morrison, David, and Owen, Tobias. Ale Planetary System (2d ed.). Reading, AAA: Addison-Wesley, 1992.

Sagan, Carl. The Demon-Haunted World: Science as a Candle in the Dark. New York: Random House, 1996.

Sagan, Carl. Pale Blue Dot. New York: Random House, 1994.

مسرد المصطلحات

Abiotic منافي (منتفي) الحياة	يفتقر لوجود الحياة.
Accretion تنامي، تزايد	تراكم للمادة يضيف لكتلة جسم ما.
Amino acid حمض أميني	صنف من الجزيئات الصغيرة نسبيا، والمكونة من ١٣-٢٧ من ذرات الكربون، والنتروجين، والهيدروجين، والأكسجين، والكبريت، والتي يمكنها أن تتحد معا لتكون البروتينات.
Archaea (singular Archaeon) أركيات (المفرد: أركية)	ممثلو أحد ميادين domains الحياة الثلاثة، ويعتقد أنها أقدم أنماط الحياة على الأرض. وجميع الأركيات وحيدة الخلية وأليفة للحرارة (يمكنها أن تزدهر في درجات حرارة تزيد على ٥٠-٧٠ درجة مئوية).
Asteroid كويكب، كوكب سيار، سيير	أحد الأجسام الصغيرة المكونة في معظمها من الصخر أو من الصخر والمعدن، والتي تدور حول الشمس، غالبا بين مداري المريخ والمشتري، ويتراوح حجمها بين ٦٠٠ ميل في القطر، وصولا إلى أجسام لا يزيد قطرها عن بضع مئات من الياردات.
Astronomical Unit الوحدة الفلكية	المسافة المتوسطة بين الأرض والشمس، وتساوي ١٤٩٥٩٧٩٠٠ كيلومترا، أو ٩٢٩٥٥٠٠٠ ميلا، وتكتب اختصارا و ف أو (A.U).
Atom ذرة	أصغر وحدة متعادلة الشحنة الكهربية في عنصر ما، وتتكون من ذرة تتألف من بروتون واحد أو أكثر وصفر أو أكثر من النيوترونات، ويدور حولها عدد من الإلكترونات يساوي عدد البروتونات في النواة.

	ويحدد هذا العدد الخصائص الكيميائية للعنصر.
Bacteria بكتيريا، جراثيم	واحدة من الميادين الرئيسية الثلاثة للحياة على الأرض، والمعروفة سابقا باسم بدائيات النواة prokaryotes، وهي كائنات حية وحيدة الخلية تفتقر إلى وجود نواة جيدة التحديد تحتفظ بالمادة الوراثية للخلية.
Basalt البازلت	نوع من الصخور البركانية، موجود بكثرة في القشرة الأرضية.
Biomagnetite المجنتيت الحيوي	المجنتيت، أو أكسيد الحديد الأسود (مادة مغناطيسية)، الذي جرى إنتاجه أو تعديله بصورة كبيرة من قبل كائنات حية.
Biomineral المعدن الحيوي	معدن مهم لأصناف معينة من الكائنات الحية.
Biosphere الغلاف الحيوي	الوحدة الكاملة لجميع المواد الحية على كوكب الأرض، بما فيها الحياة في وعلى الغلاف الجوي، والمحيطات، والتيارات المائية، والبحيرات، وتحت التربة الأرضية، وعلى سطح الأرض.
Carbohydrate كربوهيدرات	جزيء مكون فقط من ذرات الكربون، والهيدروجين، والأوكسجين، ويحتوي نمطيا على عدد من ذرات الهيدروجين يساوي ضعف ذرات الأكسجين فيه.
Carbon الكربون	العنصر المكون من ذرات تحتوي كل من أنويتها على ست بروتونات، ويحتوي كل من نظائرها isotopes المختلفة على ستة، أو سبعة، أو ثمانية نيوترونات. ويحتوي النظيران المعمران للكربون إما على ستة نيوترونات (٩٩ في المائة) وإما على سبعة نيوترونات (١ في المائة) لكل ذرة.

عضو فئة من أقدم الصخور النيزكية وأقلها تعرضا للتغير، والتي تتميز بمشتملات غنية بالكربون تسمى الكندريولات chondrules.	Carbonaceous chondrite كندريت كربوني
فئة من المعادن المكونة من ذرات الكربون والأكسجين، مع أنواع أخرى من الذرات التي تتضمن الكالسيوم، والماغنسيوم، والحديد، والمنجنيز، والصوديوم، والزنك، وفيها ترتبط كل من ذرات الكربون بثلاث ذرات من الأكسجين، ويرتبط مركب الكربون ـ الأكسجين الناتج ببقية الذرات.	Carbonate كربونات
نوع من الجزيئات يحتوي على ذرة كربون وذرتي أكسجين، ورمزه الكيميائي CO_2.	Carbon dioxide ثاني أكسيد الكربون
مادة تزيد من سرعة بعض التفاعلات بين الجزيئات، من دون أن تستهلك في التفاعل بحد ذاتها.	Catalyst حفاز، وسيط كيميائي
وحدة تركيبية ووظيفية توجد في جميع أشكال الحياة على الأرض. وتتراوح الحياة الأرضية في الحجم بين أصغر الكائنات الحية الوحيدة الخلية، وصولا إلى النباتات والحيوانات التي تحتوي على آلاف التريليونات من الخلايا (تريليون = مليون مليون أو $١٠^{١٢}$).	Cell خلية
مقياس لدرجات الحرارة يسجل نقطة تجمد الماء عند الصفر وغليان الماء عند ١٠٠ درجة. وقد سمي بالسلزي نسبة إلى آندرز سلزيوس Celsius، وهو فلكي سويدي (١٧٠١-١٧٤٤)، وهو أول من وضع هذا المقياس.	Celsius (Centigrade) temperature scale مقياس الحرارة السلزي (المئوي)

Chert الشرت	نوع من الصخور الرسوبية، يتكون بصورة أساسية من بلورات مجهرية من السليكا.
Chondrite الكندريت	حجر نيزكي يحتوي على مشتملات inclusions تسمى الكندريولات.
Chondrule كُندريولة	حبيبة صغيرة مستديرة من المادة المنطمرة داخل أحد الصخور النيزكية.
Chromosome كروموسوم (صبغي)	جزيء منفرد من الحمض النووي الريبي المنزوع الأكسجين (الدنا DNA)، بالإضافة إلى البروتينات المتعلقة بهذا الجزيء، والتي تختزن المعلومات الوراثية في وحدات فرعية تسمى الجينات، ويمكنها نقل هذه المعلومات عند نسخ الخلايا.
Comet مذنَّب	شظية من مادة بدائية من النظام الشمسي، أو «كرة ثلجية قذرة» مكونة من الثلج، والصخور، والتراب، وثاني أكسيد الكربون الجاف «الثلج الجاف»، ويكون له ـ نمطيا ـ مدار حول الشمس أكبر بكثير من مدار أي كوكب.
Compound مركَّب	مادة متجانسة مكونة من ذرات اثنين أو أكثر من العناصر المختلفة بنسب ثابتة ـ بمعنى أنه مكون من نوع خاص من الجزيئات.
Cosmic rays الأشعة الكونية	جسيمات تتحرك عبر الفضاء بين الكواكب وبين النجوم بسرعة تقترب من سرعة الضوء، وأغلبها بروتونات، وإلكترونات، وأنوية الهليوم.
Cosmic seeding البَذر الكوني	اسم بديل للتبزر الشامل panspermia.

Daughter nucleus النواة الابنة	نواة تتكون من البلى الإشعاعي لنوع آخر من الأنوية، تسمى النواة الوالدة.
Directed panspermia التبزر الشامل الموجه	مفهوم أن الحضارات اللاأرضية قد تكون أرسلت أنماطا مختلفة من الحياة لاستعمار كواكب مثل كوكبنا الأرضي.
DNA (deoxyribonucleic acid) الدنا (الحمض النووي الريبي المنزوع الأكسجين)	جزيء طويل ومعقد يتكون من طاقين حلزونيين، يرتبط كل منهما بالآخر بواسطة الآلاف من الروابط المشتركة المكونة من جزيئات صغيرة. عند انقسام (انتساخ) جزيئات الدنا، فهي تنفصل على طول جزيئاتها الرابطة؛ ويمكن عندئذ لكل من نصفَي الجزيء إعادة تكوين جزيء كامل من الدنا من الجزيئات الصغيرة الموجودة في البيئة المحيطة.
Domain نطاق، مجال	واحد من الأنماط الثلاثة الرئيسية التي يتم تصنيف الحياة على الأرض إليها حاليا: الأركيات (الحياة القديمة)، وبدائيات النواة prokaryotes، وحقيقيات النواة eukaryotes.
Dry ice الثلج الجاف	ثاني أكسيد الكربون (CO_2) المتجمد.
Earth life الحياة الأرضية	مجموع الحياة على الأرض، التي تتميز بكيمياء مبنية على ذرات الكربون واستخدام الماء كمذيب solvent. ولم يشع استخدام هذا المصطلح حتى الآن، لكن استُخدم في هذا الكتاب للوضوح.
Electron microscope المجهر الإلكتروني	مجهر ينتج صورا مكبرة إما بارتداد الإلكترونات عن مادة ما (المجهر الإلكتروني الماسح SEM) وإما

	عن طريق قذف الإلكترونات عبرها (المجهر الإلكتروني المروقي TEM). وتؤدي التأثيرات التي تنتجها المادة على الإلكترونات إلى كشف التفاصيل الدقيقة داخل هذه المادة.
Electron إلكترون	جزيء بسيط (أولي) يحمل وحدة واحدة من الشحنة السالبة، ويدور حول نواة ذرة ما.
Element عنصر	مجموع كل الأنوية الذرية التي لديها عدد البروتونات نفسه في النواة.
Enzyme إنزيم	نوع من الجزيئات، إما بروتين أو حمض نووي ريبي (رنا RNA)، يعمل كموقع يمكن فيه للجزيئات أن تتفاعل بطرق معينة، وبذلك يعمل كحفّاز، مما يزيد من السرعة التي تتم بها تفاعلات جزيئية معينة.
Eukaryote حقيقي النواة	كائن حي - وحيد الخلية أو عديد الخلايا - يحتفظ بالمادة الوراثية في كل من خلاياه داخل النواة المغلفة بغشاء النواة.
Europa أوروبا	واحد من الأقمار التابعة الكبيرة للمشتري، وهو محيّر بغطائه من جليد الماء، والذي قد يخفي تحته مياها سائلة.
Evolution التطور	في البيولوجيا، هو نتيجة عملية «الانتخاب (الانتقاء) الطبيعي» (وهي النجاح التفاضلي في التكاثر)، والذي يتسبب تحت الظروف الطبيعية وبمرور الزمن في حدوث تغير في مجموعات من الكائنات الحية المتشابهة، بحيث يختلف نسلها عنها بصورة معتدة في التركيب والمظهر.

Evolutionary distance المسافة التطورية	بالنسبة إلى أي زوج من الكائنات الحية، هي مقياس التشابه بين متواليات الجينات للكائنات الحية؛ وتشير المسافات التطورية الصغيرة إلى درجة أكبر من التشابه.
Extrasolar خارج الشمسي	متعلق بالأجسام خارج النظام الشمسي؛ فالكواكب خارج الشمسي هي كواكب تدور حول نجوم غير الشمس.
Face on Mars الوجه المريخي	صخرة عرضها ميل تبرز على سطح المريخ، وتذكّر بعض المراقبين بوجه بشري.
Fossil حفرية، أحفور	بقية أو أثر لكائن حي قديم.
Galaxy مجرة	مجموعة كبيرة من النجوم، تعد نمطيا بمئات الملايين وحتى مئات البلايين، وتحتوي عادة على كميات معتبرة من الغازات والغبار، والتي تتماسك بفعل الجاذبية المتبادلة بين النجوم.
Galilean satellites أقمار جاليليو	أكبر أربعة أقمار تابعة للمشتري، والتي اكتشفت من قبل جاليليو في العام ١٦١٠.
Galileo spacecraft المركبة الفضائية جاليليو	مركبة الفضاء التي أرسلتها وكالة «ناسا» إلى المشتري عام ١٩٩٠، والتي وصلت إلى هناك في ديسمبر ١٩٩٥، وأسقطت مسبارا في الغلاف الجوي للمشتري، واستمرت في الدوران حول الكوكب العملاق، لتصويره هو وأقمار جاليليو التابعة له.
Gene جين، مورثة	هو ذلك القسم من أحد الكروموسومات (الصبغيات)، الذي يحدد ـ بوساطة الشفرة الوراثية ـ تشكيل سلسلة معينة من الأحماض الأمينية.

Genetic code الشفرة الوراثية	هي مجموعة من «الحروف» في جزيئات الدنا DNA أو الرنا RNA، والتي يحدد كل منها حمضا أمينيا بعينه، وتتكون من ثلاثة جزيئات متتالية مثل تلك التي تكون الارتباطات التصالبية بين الحلزونين التوأمين لجزيئات الدنا DNA.
Genome جينوم، مجين	المجموعة الكاملة من جينات كائن حي.
Geochemistry الكيمياء الجيولوجية	هي الكيمياء التي تبحث في تركيب قشرة الأرض والتغيرات الحادثة فيه.
Giant planet الكوكب العملاق	كوكب شبيه بالمشتري، أو زحل أو أورانوس أو نبتيون، ويتكون من لب صلب من الصخور والجليد، ومحاط بالهيدروجين وغاز الهليوم، وتتراوح كتلته بين نحو ١٢ ضعف كتلة الأرض أو نحوها، إلى مئات عديدة من أضعاف كتلة الأرض.
Greenhouse effect تأثير الدفيئة (الصوبة)	احتباس الأشعة دون الحمراء بوساطة الغلاف الجوي لكوكب ما، والذي يرفع درجة الحرارة على سطح الكوكب وفوقه مباشرة.
Greigite الجريجيت	سلفيد للحديد يتألف من بلورات تتكون وحداتها من ثلاث ذرات من الحديد وأربع من الأكسجين.
Habitable zone المنطقة الصالحة للسكنى	المنطقة المحيطة بنجم ما، وهي غلاف كروي يحده سطحان كرويان ؛ داخلي وخارجي، والتي تمكنها حرارة النجم من الاحتفاظ داخلها بواحد أو أكثر من المذيبات solvents في حالة سائلة.

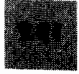
الفترة الزمنية التي يتعرض خلالها نصف نوع معين من الأنوية المشعة للتحلل الإشعاعي.	**Half-life** العمر النصفي
ثاني أخف العناصر وثاني أكثرها انتشارا، وتحتوي جميع أنويته على بروتونين وإما نيوترون واحد أو نيوترونين.	**Helium** الهليوم
جزيء يتكون بالكامل من ذرات الهيدروجين والكربون.	**Hydrocarbon** هيدروكربون
أخف العناصر وأكثرها انتشارا، وتحتوي جميع أنويته على بروتون واحد، وإما على نيوترون واحد أو صفر.	**Hydrogen** هيدروجين
كائن حي يزدهر عند درجة حرارة تقترب من درجة غليان الماء.	**Hyperthermophile** أليف الحرارة المفرطة
صخرة تتكون من مواد مذابة كليا أو جزئيا، نمطيا بفعل النشاط البركاني.	**Igneous rock** صخرة نارية (بركانية)
إشعاع كهرومغناطيسي يتكون من فوتونات ذات أطوال موجية أطول قليلا، وذات ترددات frequen- cies أقل قليلا من مثيلاتها في الفوتونات التي يتكون منها الضوء المرئي.	**Infrared** دون الحمراء
الكواكب الشمسية: عطارد، والزهرة، والأرض، والمريخ، ويتسم كل منها بكونه صغيرا، وكثيفا، وصخريا، مقارنة بالكواكب العملاقة.	**Inner planets** الكواكب الداخلية
غير متضمن لوجود الحياة أو الكيمياء المعتمدة على وجود الحياة؛ وخصوصا، غير مبني على ذرات الكربون.	**Inorganic** غير عضوي

Interplanetary dust الغبار بين الكواكب	غبار منتشر بين الكواكب في النظام الشمسي، وغيره من الأنظمة الكوكبية.
Interstellar dust الغبار بين النجوم	جزيئات من الغبار، يتكون كل منها من نحو مليون جزيء، ويرجح أنها قُذفت إلى الفضاء بين النجوم من الغلاف الجوي للنجوم الشاهقة الارتفاع.
Ion أيون	ذرة فقدت واحدا أو أكثر من إلكتروناتها.
Iron oxide أكسيد الحديد	فلز يتكون أساسا من ذرات الحديد والأكسجين.
Iron sulfide سلفيد (كبريتيد) الحديد	فلز يتكون أساسا من ذرات الحديد والكبريت.
Isotope نظير	أنوية يحتوي كل منها على عدد البروتونات نفسها، وبالتالي تنتمي للعنصر نفسه، لكنها تحوي عددا مختلفا من الإلكترونات.
Kilogram كيلوجرام	الوحدة الأساسية للكتلة في النظام المتري، ويحتوي على ألف جرام. وعلى سطح الأرض، يحتوي الكيلوجرام الواحد على ٢,٢ باوند تقريبا.
Kilometer كيلومتر	وحدة الطول في النظام المتري، ويساوي ألف متر، أو ٠,٦٢١٣٧ من الميل.
Kinetic energy طاقة الحركة	طاقة متعلقة بالحركة.
Light ضوء	فوتونات تقع تردداتها وأطوالها الموجية ضمن النطاق المحدد للأشعة المرئية، والتي تقع بين الأشعة دون الحمراء وفوق البنفسجية.

Light-year سنة ضوئية	المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة، وتساوي ٦ تريليون ميل تقريبا.
Limestone حجر الجير (الكلس)	ضرب من الصخور الرسوبية، يتكون بصورة أساسية من كربونات الكالسيوم، والذي تكون تحت الماء، غالبا نتيجة لتراكم أصداف الكائنات البحرية الضئيلة الحجم التي تقوم بتصنيع كربونات الكالسيوم من ثاني أكسيد الكربون والكالسيوم الموجود في ماء البحر.
Luminosity سطوع، جلاء	بالنسبة لجسم ما، هو الكم الإجمالي للطاقة المنبعثة منه في كل ثانية في صورة الفوتونات بجميع أنواعها.
Magma صهارة	صخور مذابة melted تكونت داخل الأرض أو الكواكب الشبيهة بالأرض.
Magnetite ماجنيتيت	ضرب من أكاسيد الحديد، يتكون من مجموعات من ٣ ذرات من الكربون و ٤ ذرات من الأوكسجين، غالبا في وجود ذرات التيتانيوم أو الماغنسيوم كجزء من الخليط.
Magnetotactic Bacteria بكتيريا الانتحاء المغناطيسي	بكتيريا تقوم بتخليق رسوبات معدنية مغناطيسية وتستخدم تأثيرات المجال المغناطيسي للأرض في هذه المعادن لتوجيه نفسها حيزيا spatially.
Mass extinction انقراض جماعي	حدث في تاريخ الحياة الأرضية، كان في بعض الحالات نتيجة لارتطام هائل بالأرض، وخلاله تعرض قسم معتبر من جميع أنواع الكائنات الحية للانقراض في غضون فترة زمنية قصيرة جيولوجيا.

Metabolism استقلاب، أيض	المجموع الكلي للعمليات الكيميائية للكائن الحي.
Meteor شهاب، نيزك	شعاع ساطع من الضوء الناتج عن تسخين حجر نيزكي في أثناء مروره خلال الغلاف الجوي للأرض.
Meteorite حجر نيزكي	حجر نيزكي ظل باقيا بعد مروره عبر الغلاف الجوي للأرض.
Meteoroid نيزك دائر، جسيم نيزكي	جسم صخري أو معدني، أو خليط من الصخر والمعدن، يدور حول الشمس، وهو أصغر حجما من الكويكب (السيير) أو الكوكب.
Meteor shower وابل نيزكي	عدد كبير من الشهب، يلاحظ أنها تشع من نقطة معينة في الفضاء، وتنتج عن عبور الأرض لمدار سرب نيزكي.
Meteor swarm سرب نيزكي	مجموعة من النيازك الدوارة التي تدور حول الشمس في المسار نفسه، حيث تتباين كثافة تلك النيازك الدوارة عند نقط مختلفة بطول السرب.
Meter متر	الوحدة الأساسية للطول في النظام المتري، ويساوي ٣٩,٣٧ بوصة تقريبا.
Michelson-Morley experiment تجربة ميشيلسون ـ مورلي	تجربة ذات أهمية حاسمة لعلم الفيزياء، أجريت للمرة الأولى في كلية كيس للعلوم التطبيقية بمدينة كليفلاند عام ١٨٨٧ بوساطة ألبرت ميشيلسون وإدوارد مورلي. وأظهرت أن سرعة الضوء عبر الفضاء ثابتة بغض النظر عن مدى حركة مصدر الضوء أو كاشف الضوء.

Microbacteria (microbes) البكتيريا المجهرية (الميكروبات)	بكتيريا تقاس أحجامها بالميكرون.
Micron ميكرون	جزء من مليون من المتر، ويساوي ٠,٠٠٠٠٣٩٣٧ من البوصة.
Microsecond ميكروثانية	جزء من ألف من الثانية.
Milky Way (مجرة) درب اللبانة	المجرة التي تضم الشمس و٣٠٠ بليون نجم آخر تقريبا.
Millibar مللي بار	وحدة للضغط، وتساوي جزءا من ألف من الضغط الجوي العادي على سطح الأرض.
Millimeter ملليمتر	جزء من ألف من المتر، ويساوي ٠,٠٣٩٣٧ من البوصة.
Mineral معدني، فلزي	جسم صلب يوجد في الطبيعة، ويتكون إما من عنصر واحد وإما من مركب جزيئي، وله ترتيب داخلي منظم من ذرات ذات تركيب كيميائي محدد.
Molecule جزيء	اتحاد ثابت بين ذرتين أو أكثر.
Monomer موحود، مونومر	جزيء صغير نسبيا يعمل كأحد مكونات الجزيئات الطويلة السلسلة (البوليمرات). وفي الحياة الأرضية، يتمثل أشهر المونومرات في الأحماض الأمينية التي تكوّن البروتينات.

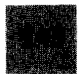


Murchison meteorite حجر مورشيسون النيزكي	حجر نيزكي عثر عليه قرب مدينة مورشيسون الأسترالية في العام ١٩٦٩، والذي يحتوي على جزيئات عضوية، بما فيها الأحماض الأمينية.
Mutation طفرة	تغير في الدنا DNA الخاص بالكائن الحي، والذي يمكن أن يورث (أي ينتقل من السلف إلى الخلف خلال عملية التكاثر). وتؤدي هذه التغيرات إلى حدوث التباين الوراثي (الجيني).
Nanofossil حفرية نانوية	حفرية يقاس حجمها بالنانومترات.
Nanometer نانومتر	جزء من بليون من المتر، ويساوي ٠,٠٠٠٠٠٠٠٣٩٣٧ من البوصة.
Neutron نيوترون	جسيم أولي لا يحتوي على شحنة كهربية، وهو ثابت عندما يكون جزءا من نواة ذرية، لكنه يتعرض لتحلل سريع عند عزله عنها.
Nitrogen نيتروجين	عنصر يتكون من ذرات تحتوي نواة كل منها على سبعة بروتونات، وتحتوي نظائره المختلفة على ستة، أو سبعة، أو ثمانية، أو تسعة أو عشرة نيوترونات. وتمتلك أغلب ذرات النيتروجين سبعة نيوترونات وسبعة بروتونات.
Nuclear fusion اندماج (التحام) نووي	اندماج نواتين تحت تأثير قوى مؤثرة، والذي يحدث فقط عندما تقترب الأنوية بعضها من بعض بمسافة تبلغ حجم البروتون تقريبا، أي نحو ٠,٤ × $١٠^{-١٣}$ بوصة.
Nucleic acid حمض نووي	إما الحمض النووي الريبي منزوع الأكسجين (الدنا DNA)، وإما الحمض النووي الريبي (الرنا RNA).

Nucleotide نوكليوتيد، نوويد	أحد الجزيئات المرتبطة تصالبيا في الدنا DNA الرنا RNA. وفي الدنا DNA، تكون النوكليوتيدات الأربعة هي الثيمين، والسيتوزين، والجوانين، والأدينين؛ أما في الرنا RNA، فاليوراسيل يلعب الدور الذي يلعبه الثيمين في الدنا DNA.
Nucleus نواة	(١) المنطقة المركزية من الذرة، وتتكون من بروتون واحد أو أكثر وصفر أو أكثر من النيوترونات. (٢) المنطقة من الخلية حقيقية النواة، والتي تحتوي على المادة الجينية للخلية في صورة كروموسومات.
Organelle عضية (ج: عضيات)	واحدة من أنواع عديدة من المناطق الفرعية المتخصصة داخل الخلية حقيقية النواة.
Organic عضوي	تشير إلى المركبات الكيميائية التي تحتوي على ذرات الكربون كعنصر بنيوي مهم ؛ أي أنها جزيئات مبنية على الكربون. وتشير أيضا إلى الخصائص المتعلقة بالحياة.
Orgeuil meteorite حجر أورجيل النيزكي	حجر نيزكي عثر عليه بالقرب من مدينة أورجيل الفرنسية في العام ١٩٦٤، ويحتوي على أبواغ spores وغيرها من العلامات الدالة على الحياة؛ والتي اكتشف لاحقا أنها دخلت إلى الحجر النيزكي كملوثات في أثناء وجوده على الأرض قبل اكتشافه.
Orthopyroxene أورثو بيروكسين	نوع من الصخور السليكاتية، يتكون بصورة أساسية من السيليكون والأكسجين، بالإضافة إلى بعض الحديد والماغنسيوم.
Oxide أكسيد	فلز يحتوي على ذرات من الأكسجين مرتبطة بأيونات فلزية.

Oxygen أكسجين	عنصر تحتوي أنوية ذراته على ثمانية بروتونات، وتحتوي نظائره المختلفة على سبعة، أو ثمانية، أو تسعة، أو عشرة، أو أحد عشر أو اثني عشر نيوترونا. وتمتلك أغلب ذرات الأكسجين ثمانية نيوترونات مصاحبة لبروتوناتها الثمانية.
Ozone أوزون	جزيئات تتألف من ثلاث ذرات من الأكسجين (O_3). وتقوم ذرات الأوزون الموجودة عاليا في الغلاف الجوي للأرض، بحماية سطح الأرض من أغلب الأشعة فوق البنفسجية.
Panspermia التبزر الشامل	نظرية تقول بأن الحياة في مكان ما يمكن أن تنتقل إلى مكان آخر، على سبيل المثال من كوكب لآخر ضمن النظام الشمسي؛ وتعرف أيضا باسم البَزر الكوني cosmic seeding.
Parent nucleus نواة والدة	نواة تتعرض لتحلل إشعاعي، منتجة نواة ابنة.
Permafrost الجمد السرمدي	تربة جوفية متجمدة بصورة دائمة، تعلوها طبقة سطحية تذوب وتتجمد مرة أخرى في كل سنة.
Photosynthesis التمثيل (البناء) الضوئي	استخدام الطاقة ـ في صورة ضوء مرئي أو أشعة فوق بنفسجية ـ لإنتاج جزيئات كربوهيدراتية من ثاني أكسيد الكربون والماء؛ وفي بعض الكائنات الحية، يلعب سلفيد (كبريتيد) الهيدروجين (H_2S) الدور الذي يلعبه الماء (H_2O) في أغلب عمليات التمثيل الضوئي التي تتم على الأرض.

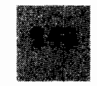
Planet كوكب	جسم يدور حول نجم، والذي هو ليس بنجم آخر ويبلغ حجمه على الأقل حجم كوكب بلوتو، وهو أصغر الكواكب الشمسية.
Planetesimal كويكب	جسم أصغر من الكوكب بكثير، والقادر على صنع كواكب عبر العديد من الارتطامات المتبادلة.
Plate tectonics تكتونية القشرة الأرضية	الحركات البطيئة لصفائح plates القشرة الأرضية والكواكب الشبيهة به.
Polymer مكثور، بوليمر	جزيء طويل السلسلة يتكون من جزيئات أصغر تسمى المونومرات (الموحودات)، والتي ترتبط بعضها ببعض بصورة تكرارية، وتوجد بينها اختلافات صغيرة ولكنها مهمة.
Primitive atmosphere الغلاف الجوي البدائي	الغلاف الجوي الأصلي لكوكب ما.
Primitive Earth الأرض البدائية	الأرض خلال الأحقاب التي تمتد ما بين ٤,٥ بلايين سنة خلت، وهو الوقت الذي تكونت فيه الأرض، وحتى ٣,٨ بلايين سنة، وهو نهاية حقبة العصف الشديد.
Prokaryote بدائي النواة	واحد من الميادين الثلاثة الرئيسية للحياة، ويتكون من الحياة وحيدة الخلية والتي لا توجد فيها المادة الوراثية ضمن النواة الجيدة التحديد للخلية.
Protein بروتين	نوع من الجزيئات الكبيرة التي تتكون من واحدة أو أكثر من سلاسل الأحماض الأمينية.



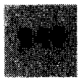
Proton بروتون	جسيم أولي يحتوي على وحدة واحدة من الشحنة الكهربية؛ وهو واحد من المكونين الأساسيين للنواة الذرية.
Protoplanet كوكب بدائي	وهو كوكب خلال المراحل الأخيرة من تكونه.
Protoplanetary Disk القرص الكوكبي البدائي	قرص مكون من غازات وغبار، ويحيط بكوكب ما، وخصوصا خلال الفترة المبكرة من حياة النجم، والذي يمكن أن تتكون الكواكب منه وبداخله.
Protostar نجم بدائي	نجم في أثناء تكونه، والذي ينكمش من سحابة أكبر بكثير من الغازات والغبار بفعل الجاذبية الذاتية.
Protosun الشمس البدائية	الشمس خلال عملية تكونها، والتي انتهت قبل ٤,٥ بلايين سنة.
Pyrolitic حالّ بالحرارة	يشير إلى التغيرات الكيميائية الناتجة عن الحرارة.
Pyrrhotite بيروتيت	نوع من سلفيدات الحديد، ويتكون من وحدات من الكبريت، بالإضافة إلى ذرة أو اثنتين من ذرات الحديد.
Radioactive decay تحلل (تلاشي) إشعاعي	العملية التي تقوم فيها بعض أنواع الأنوية الذرية بتحويل نفسها تلقائيا إلى أنواع أخرى.
Radioactive Nucleus نواة مشعة	نواة قادرة على التحلل الإشعاعي.
Radiometric dating التأريخ بالقياس الإشعاعي	تحديد أعمار الصخور بقياس نسبة عدد الأنوية التي يكونها نمط معين من التحلل الإشعاعي («الأنوية الابنة») إلى عدد الأنوية («الأنوية الوالدة») التي تكوّن الأنوية الابنة عند تعرضها للتحلل الإشعاعي. وكلما

	زادت نسبة الأنوية الابنة إلى الوالدة، زاد الوقت الذي انقضى منذ تشكّل الصخرة.
Replication تنسّخ، تكرر	العملية التي ينقسم خلالها جزيء الدنا DNA «الوالد» إلى طاقين منفردين، يكوّن كل منهما جزيئا «ابنا» مطابقا للوالد.
Ribosome ريبوسوم، ريباسة	بروتين معقد وجزيئات من الرنا RNA، وهي المواضع التي يتم فيها تجميع البروتينات من جزيئات أصغر.
RNA (ribonucleic acid) الرنا (الحمض النووي الريبي)	جزيء كبير ومعقد، يتكون من أنواع الجزيئات نفسها التي تكوّن الدنا DNA، ويقوم بالعديد من الوظائف المهمة داخل الخلايا الحية، ومنها حمل الرسائل الجِّينية المتضمنة في الدنا DNA، إلى المناطق التي تُجمَّع فيها البروتينات.
Runaway greenhouse effect تأثير الدفيئة الهروبي	تأثير الدفيئة تزداد قوته كلما أدى ارتفاع حرارة سطح الكوكب إلى زيادة معدلات تبخر السوائل، والذي يزيد بدوره من تأثير الدفيئة.
Satellite قمر، تابع	جسم صغير نسبيا يدور حول جسم آخر أكبر منه وأكثر جسامة بكثير؛ وبدقة أكبر، فإن كلا الجسمين يدور حول مركز كتلتيهما المشترك.
Sedimentary rock صخرة رسوبية	صخرة تكونت من مادة رسبت في قاع سائل ما، نمطيا من الطبقات السائبة من الرمل، والوحل، والمعادن، والمواد العضوية.
Self-gravitation الجاذبية الذاتية	قوة الجاذبية التي يطبقها جزء من جسم ما على بقية أجزائه.

SETI (مختصر): سيتي	البحث عن ذكاء خارج الأرض. Search for Extraterrestrial Intelligence: SETI
Shooting star شهاب	اسم شائع للنيزك.
Silicates سليكات	فلزات مكونة للصخور تحتوي على ذرات السيليكون والأكسجين، بالإضافة إلى واحدة أو أكثر من الأنواع الشائعة الأخرى من الذرات.
Sinter لبيدة، قرارة ملتبدة	منطقة غنية بالفلزات مثل الكربونات، والتي ترسبت بفعل تدفقات الينابيع الحرارية، والتي أنتجت المياه التي حملت الفلزات إلى منطقة الترسيب.
Skepticism شكوكية، شكية	حالة عقلية متسائلة أو متشككة، والتي تقع في عمق البحث العلمي المتعلق بالكون.
Solar nebula السديم الشمسي	قرص بدائي كوكبي يحيط بالشمس البدائية.
Solar system النظام الشمسي، المجموعة الشمسية	الشمس زائد الأجسام التي تدور حول الشمس، بما فيها تسعة كواكب، والأقمار التابعة لها، والكويكبات، والنيازك الدوارة، والشهب، والغبار بين الكواكب.
Solvent مذيب	سائل يمكنه إذابة مادة أخرى؛ سائل يمكن للجزيئات أن تطفو على سطحه وتتفاعل بعضها مع بعض.
Species نوع (حي)	نوع محدد من الكائنات الحية. ويمتلك أفراد النوع الحي خصائص تشريحية متشابهة، ويمكنهم التزاوج فيما بينهم.
Spectrometer مقياس الطيف	أداة تستخدم في المراقبة والقياس الدقيقين للطيف.



توزع الفوتونات حسب التردد أو الطول الموجي، عادة ما يتم إظهارها بشكل رسم تخطيطي لعدد الفوتونات لكل تردد أو طول موجي معين.	**Spectrum** طيف
كتلة من الغازات الملتصقة بعضها ببعض بفعل الجاذبية الذاتية، والتي تؤدي تفاعلات الاندماج النووي في مركزها، إلى إنتاج طاقة حركية تؤدي إلى تسخين النجم ككل، مما يؤدي إلى توهج سطحه.	**Star** نجم
صخور طباقية layered مكونة من مستعمرات من البكتيريا التي تعيش على الحدود الفاصلة بين المياه والترسبات الصخرية.	**Stromatolite** ستروماتوليت؛ قرارة كلسية طحلبية طباقية
الانتقال من الحالة الصلبة إلى الغازية دون المرور بمرحلة سائلة.	**Sublimation** تسامي، تصعيد
فلز مكون من جزيئات ارتبطت فيها أيونات الكبريت السالبة الشحنة الكهربية، بواحد أو أكثر من الأيونات الفلزية الموجبة الشحنة.	**Sulfide** سلفيد، كبريتيد
قياس الطاقة الحركية المتوسطة للحركة العشوائية داخل مجموعة من الجسيمات. على مقياس الحرارة المطلقة أو مقياس كلفن، تتناسب الحرارة طرديا مع متوسط الطاقة الحركية لكل جسيم.	**Temperature** حرارة
كائن حي يعيش وينمو عند درجات الحرارة العالية.	**Thermophile** أليف الحرارة
تغيير كوكب ما، أو قمر كبير تابع لهذا الكوكب، بحيث يصبح أكثر شبها بالأرض.	**Terraforming** التشكُّل الأرضي



Virus فيروس	مركب من الأحماض النووية والجزيئات البروتينية التي لا يمكنها نسخ نفسها سوى في وجود خلية «مضيفة» لكائن حي آخر.
Voyager Spacecraft المركبة الفضائية «فوياجير»	المركبتان الفضائيتان التابعتان لوكالة «ناسا»، واللتان أطلق عليهما اسم فوياجير ١ و فوياجير٢، واللتان انطلقتا من الأرض في عام ١٩٧٨، ومرتا بكوكب المشتري وزحل بعد بضع سنوات. وتقدمت المركبة فوياجير ٢ للمرور بكوكب أورانوس في العام ١٩٨٦، ونبيتون في العام ١٩٨٩.
X rays الأشعة السينية،أشعة إكس	فوتونات ذات ترددات أكبر من ترددات الأشعة فوق البنفسجية لكنها أقل من مثيلاتها في أشعة جاما.



المؤلف في سطور

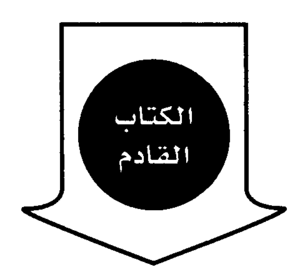
دونالد جولدسميث

- حصل على درجة البكالوريوس في علم الفلك من جامعة هارفارد.
- حصل على شهادة الدكتوراه في الفلك من جامعة كاليفورنيا، في بيركلي.
- عمل أستاذا زائرا ومحاضرا في جامعات: ستانفورد، كاليفورنيا في سانتا كروز، بيركلي، وإيرفين، وفي جامعة كورنيل.
- عمل مستشارا علميا لعدد من الأفلام الوثائقية، ومنها «رحلة إلى درب اللبانة».
- له أكثر من عشرة مؤلفات علمية مبسطة للجمهور العادي، حصل العديد منها على جوائز وحققت مبيعات مرتفعة.
- حصل في العام ١٩٩٥ على جائزة مؤسسة أنينبرج من قبل الجمعية الفلكية الأمريكية؛ تقديرا لإنجازاته طوال الحياة في علم الفلك.
- حصل على عدة جوائز أخرى في مجال تبسيط علم الفلك للجمهور.

المترجم في سطور

د. إيهاب عبد الرحيم محمد

- ولد بجمهورية مصر العربية عام ١٩٦٥.
- تخرج في كلية الطب، جامعة أسيوط (مصر) بمرتبة الشرف عام ١٩٨٨.
- عمل طبيبا بوزارة الصحة المصرية من عام ١٩٩١ ـ ١٩٩٤.



الفكاهة والضحك

تأليف: د. شاكر عبدالحميد

- يعمل منذ عام ١٩٩٤ وحتى تاريخه رئيسا لقسم التأليف والترجمة بمركز تعريب العلوم الصحية، جامعة الدول العربية ـ الكويت.
- محرر مجلة «تعريب الطب» منذ إنشائها عام ١٩٩٧ وحتى الآن.
- أشرف على ترجمة وتحرير عدد كبير من الكتب، والمعاجم، والمقالات الطبية.
- يشرف على تحرير الصفحة الطبية بجريدة الهدف ـ الكويت.
- شارك في تأليف كتاب «ثورات الطب والعلوم» (كتاب العربي السادس والثلاثون ـ ١٩٩٩)، وله كتابان مترجمان: «كيف نموت؟» (١٩٩٧)، و«الصحة العقلية في العالم» (٢٠٠٢).
- له عشرات المقالات الطبية والعلمية المنشورة في مجلات مثل: العربي، الثقافة العالمية، حياتنا، العلوم، المرأة اليوم، علوم وتكنولوجيا.
- عضو الجمعية الدولية للمحررين الطبيين .
- عضو الجمعية الدولية للمستقبليات وعدد من الهيئات العلمية الدولية الأخرى.



سلسلة عالَم المعرفة

«عالم المعرفة» سلسلة كتب ثقافية تصدر في مطلع كل شهر ميلادي عن المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب ـ دولة الكويت ـ وقد صدر العدد الأول منها في شهر يناير العام ١٩٧٨.

تهدف هذه السلسلة إلى تزويد القارئ بمادة جيدة من الثقافة تغطي جميع فروع المعرفة، وكذلك ربطه بأحدث التيارات الفكرية والثقافية المعاصرة. ومن الموضوعات التي تعالجها تأليفا وترجمة :

١ ـ الدراسات الإنسانية : تاريخ ـ فلسفة ـ أدب الرحلات ـ الدراسات الحضارية ـ تاريخ الأفكار.

٢ ـ العلوم الاجتماعية: اجتماع ـ اقتصاد ـ سياسة ـ علم نفس ـ جغرافيا ـ تخطيط ـ دراسات استراتيجية ـ مستقبليات.

٣ ـ الدراسات الأدبية واللغوية : الأدب العربي ـ الآداب العالمية ـ علم اللغة.

٤ ـ الدراسات الفنية : علم الجمال وفلسفة الفن ـ المسرح ـ الموسيقا ـ الفنون التشكيلية والفنون الشعبية.

٥ ـ الدراسات العلمية : تاريخ العلم وفلسفته ، تبسيط العلوم الطبيعية (فيزياء، كيمياء، علم الحياة، فلك) ـ الرياضيات التطبيقية (مع الاهتمام بالجوانب الإنسانية لهذه العلوم)، والدراسات التكنولوجية.

أما بالنسبة لنشر الأعمال الإبداعية ـ المترجمة أو المؤلفة ـ من شعر وقصة ومسرحية، وكذلك الأعمال المتعلقة بشخصية واحدة بعينها فهذا أمر غير وارد في الوقت الحالي.

وتحرص سلسلة «عالم المعرفة» على أن تكون الأعمال المترجمة حديثة النشر.

وترحب السلسلة باقتراحات التأليف والترجمة المقدمة من المتخصصين، على ألا يزيد حجمها على ٣٥٠ صفحة من القطع المتوسط، وأن تكون مصحوبة بنبذة وافية عن الكتاب وموضوعاته وأهميته ومدى جدته. وفي حالة الترجمة ترسل نسخة مصورة من الكتاب بلغته الأصلية، كما ترفق مذكرة بالفكرة العامة للكتاب، وكذلك يجب أن تدوّن أرقام صفحات الكتاب الأصلي المقابلة للنص المترجم على جانب الصفحة المترجمة، والسلسلة لا يمكنها النظر في أي ترجمة ما لم تكن مستوفية لهذا الشرط. **والمجلس غير ملزم بإعادة المخطوطات والكتب الأجنبية في حالة الاعتذار عن عدم نشرها.** وفي جميع الحالات ينبغي إرفاق سيرة ذاتية لمقترح الكتاب تتضمن البيانات الرئيسية عن نشاطه العلمي السابق.

وفي حال الموافقة والتعاقد على الموضوع ـ المؤلف أو المترجم ـ تصرف مكافأة للمؤلف مقدارها ألف وخمسمائة دينار كويتي، وللمترجم مكافأة بمعدل عشرين فلسا عن الكلمة الواحدة في النص الأجنبي، أو ألف ومائتي دينار أيهما أكثر (وبحد أقصى مقداره ألف وستمائة دينار كويتي)، بالإضافة إلى مائة وخمسين دينارا كويتيا مقابل تقديم المخطوطة ـ المؤلفة والمترجمة ـ من نسختين مطبوعتين على الآلة الكاتبة.



صدر عن هذه السلسلة

العنوان	المؤلف	التاريخ
١ـ الحضارة	تأليف: د/ حسين مؤنس	يناير ١٩٧٨
٢ـ اتجاهات الشعر العربي المعاصر	تأليف: د/ إحسان عباس	فبراير ١٩٧٨
٣ـ التفكير العلمي	تأليف: د/ فؤاد زكريا	مارس ١٩٧٨
٤ـ الولايات المتحدة والمشرق العربي	تأليف: / أحمد عبدالرحيم مصطفى	أبريل ١٩٧٨
٥ـ العلم ومشكلات الإنسان المعاصر	تأليف: د/ زهير الكرمي	مايو ١٩٧٨
٦ـ الشباب العربي والمشكلات التي يواجهها	تأليف: د/ عزت حجازي	يونيو ١٩٧٨
٧ـ الأحلاف والتكتلات في السياسة العالمية	تأليف: / محمد عزيز شكري	يوليو ١٩٧٨
٨ـ تراث الإسلام (الجزء الأول)	ترجمة: د/ زهير السمهوري تحقيق وتعليق: د/ شاكر مصطفى مراجعة: د/ فؤاد زكريا	أغسطس ١٩٧٨
٩ـ أضواء على الدراسات اللغوية المعاصرة	تأليف: د/ نايف خرما	سبتمبر ١٩٧٨
١٠ـ جحا العربي	تأليف: د/ محمد رجب النجار	أكتوبر ١٩٧٨
١١ـ تراث الإسلام (الجزء الثاني)	ترجمة: د/ حسين مؤنس، د/ إحسان العمد مراجعة: د/ فؤاد زكريا	نوفمبر ١٩٧٨
١٢ـ تراث الإسلام (الجزء الثالث)	ترجمة: د. حسين مؤنس، د/ إحسان العمد مراجعة: د/ فؤاد زكريا	ديسمبر ١٩٧٨
١٣ـ الملاحة وعلوم البحار عند العرب	تأليف: د/ أنور عبدالعليم	يناير ١٩٧٩
١٤ـ جمالية الفن العربي	تأليف: د/ عفيف بهنسي	فبراير ١٩٧٩
١٥ـ الإنسان الحائر بين العلم والخرافة	تأليف: د/ عبدالمحسن صالح	مارس ١٩٧٩
١٦ـ النفط والمشكلات المعاصرة للتنمية العربية	تأليف: د/ محمود عبدالفضيل	أبريل ١٩٧٩
١٧ـ الكون والثقوب السوداء	إعداد: رؤوف وصفي مراجعة: د/ زهير الكرمي	مايو ١٩٧٩
١٨ـ الكوميديا والتراجيديا	ترجمة: د/ علي أحمد محمود مراجعة: د/ شوقي السكري، د/ علي الراعي	يونيو ١٩٧٩
١٩ـ المخرج في المسرح المعاصر	تأليف: سعد أردش	يوليو ١٩٧٩

هذا الكتاب

في شهر أغسطس ١٩٩٦، أذهل علماء وكالة الفضاء الأمريكية «ناسا» العالم بإعلانهم أن حجرا نيزكيا سقط من المريخ إلى الأرض، وأظهر آثارا تدل على وجود نوع بدائي من الحياة. وعلى رغم أن البحث عن حياة خارج كوكب الأرض، خصوصا سؤال: هل نحن وحيدون في هذا الكون؟ ظل واحدا من أعظم الأسئلة التي حيّرت البشرية منذ القدم، فقد مثل هذا الاكتشاف المذهل أول دليل حقيقي على أنه ربما كانت هناك حياة بالفعل في مكان آخر من الكون. والآن، وللمرة الأولى، يخبرنا المؤلف بالقصة الكاملة لهذا الاكتشاف غير المسبوق في واحدة من أعظم قصص الإثارة العلمية في عصرنا الحديث؛ فهو يصطحبنا خطوة فخطوة عبر الطريق غير العادي للاستكشاف العلمي: من الأصقاع الجليدية لقارة أنتاركتيكا المتجمدة، إلى السهول القاحلة لكوكب المريخ، مرورا بالمختبرات العالية التقنية التي كشفت فيها الصخرة المريخية عن أسرارها.

وعن طريق تمحيص الأدلة العلمية من جميع الأوجه، يشرح لنا الكتاب بالتفصيل وجهات النظر المتباينة التي نتجت عن إعلان هذا الكشف العلمي الخطير، ومضامينه العلمية والفلسفية، ويطرح أسئلة بالغة الأهمية من مثل: ما مدى اختلاف الحياة المريخية - إن وجدت - عن الحياة التي نجدها على كوكب الأرض؟ ... هل يمكن أن تكون الحياة نشأت أولا على المريخ ثم انتقلت إلى الأرض؟ ... وهل يعني هذا الاكتشاف - ضمنيا - احتمال وجود حياة على مجرات أخرى من مجرات الكون الواسع الذي نعيش فيه؟

يناقش الكتاب الذي بين أيدينا احتمالية وجود حياة سابقة، أو حالية على المريخ، ويناقش المؤلف فيه العديد من العلماء الذين كانت لهم علاقة مباشرة، سواء باكتشاف الحجر النيزكي المريخي أو بتحليله، الذي هو محور الكتاب، وكذلك يطرح التحديات التي تواجه البعثات الاستكشافية المستقبلية إلى كوكب المريخ، مما قد يخبرنا بالمزيد عن تطور الحياة على سطح المريخ أقرب جيراننا في كواكب المجموعة الشمسية.

ISBN 99906 - 0 - 096 - 1

رقم الإيداع (٢٠٠٢/٠٠٢٤٣)